(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
2017 年 8 月 10 日(10.08.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/135303 A1

(51) 国際特許分類:
G01B 11/06 (2006.01) *G01N 21/27* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/003600

(22) 国際出願日: 2017 年 2 月 1 日(01.02.2017)

(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 2016-017867 2016 年 2 月 2 日(02.02.2016) JP

(71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 二宮 英隆(NINOMIYA, Hidetaka); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 中村 幸登(NAKAMURA, Yukito); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 岡田 文徳(OKADA, Fuminori); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 村山 貴紀(MURAYAMA, Takanori); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 彼谷 高敏(KAYA, Takatoshi); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目７番２号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人ＳＳＩＮＰＡＴ(SSINPAT PATENT FIRM); 〒1410031 東京都品川区西五反田七丁目１３番６号 五反田山崎ビル６階 Tokyo (JP).

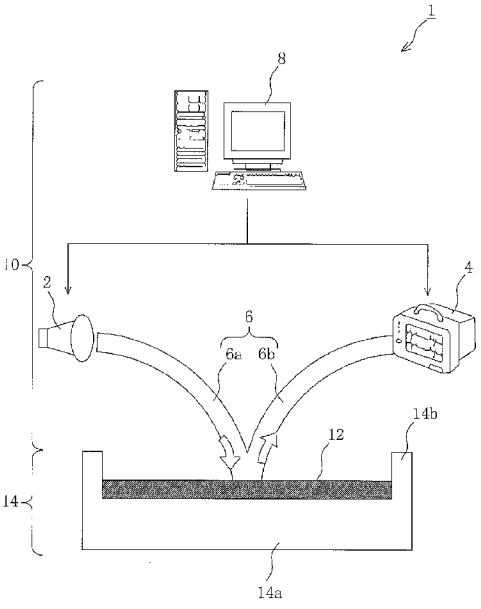
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) **Title**: MEASUREMENT DEVICE

(54) 発明の名称 : 測定装置



(57) **Abstract**: [Problem] To directly measure a transparent thin-film sample of a thick-film transparent medium with high precision. [Solution] A measurement device for measuring a sample disposed on a thick-film transparent medium, wherein the measurement device is provided with a light source for emitting white light, a projector having a projection surface that projects the white light emitted by the light source toward the sample, a light-receiving unit comprising an optical fiber that has a light-receiving surface for receiving reflected interference light obtained due to the white light projected from the projection surface being reflected by the surface of the sample and the surface of the thick-film transparent medium, a spectroscopic unit for detecting the intensity of light at each given wavelength that is included in the reflected interference light received by the light-receiving surface, and a measurement unit for measuring the sample on the basis of the detection result from the spectroscopic unit, the measurement device being configured such that the angle between the central axis of the light-receiving surface and a perpendicular of the surface of the thick-film transparent medium is 1-10°.

(57) 要約: [課題] 厚膜透明媒体の透明薄膜サンプルを高精度に直接測定する。 [解決手段] 厚膜透明媒体上に配置されたサンプルを測定する測定装置であって、白色光を発光する光源と、前記光源から発光された前記白色光を前記サンプルに向けて投光する投光面を有する投光部と、前記投光面から投光された前記白色光が前記サンプルの表面及び前記厚膜透明媒体の表面で反射することで得られた反射干渉光を受光する受光面を有する光ファイバーから成る受光部と、前記受光面により受光された前記反射干渉光に含まれる一定の波長ごとの光について光強度を検出する分光部と、前記分光部による検出結果に基づいて前記サンプルを測定する測定部とを備え、前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が１～１０度となるように構成されている。

WO 2017/135303 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 測定装置

技術分野

[0001] 本発明は、再生医療分野において使用される厚膜透明媒体上に展開される種々の測定対象物の厚さ、厚さ変化、反応計測、熱応答、水吸着等を他の光学媒体を介さないで直接測定する測定装置に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、再生医療分野において、シャーレ（厚膜透明媒体）の上に配置された透明薄膜サンプルの膜厚を測定することは困難であった。一般的に透明薄膜サンプルの膜厚を測定する方法としては、たとえば、透明薄膜サンプルの反射干渉分光測定を行い、膜厚換算することにより透明薄膜サンプルの膜厚を測定する膜厚測定方法が知られている。しかしながらこの膜厚測定方法では、市販のシャーレ等の裏面反射に由来する光学的なノイズが多すぎるため厚膜透明媒体上に配置された透明薄膜サンプルの膜厚を直接測定することは困難である。

[0003] レンズ系を用いて厚膜透明媒体上に配置された透明薄膜サンプルの膜厚を測定する装置として、特殊光学系を採用することにより、厚膜透明媒体の裏面反射光をカットし、厚膜透明媒体の裏面における反射防止処理等を行うことなく透明薄膜サンプルのみの分光反射率を測定することができる反射率測定装置が知られている（非特許文献１）。しかし、この反射率測定装置は、１点の膜厚算出には使えるものの、焦点調整の条件を再現するのが難しく、完璧な反射干渉成分抽出ができないため、高精度に透明薄膜サンプルの膜厚を測定することはできない。また、膜厚の連続測定を行うことはできず、水中及び大気中で併用して透明薄膜サンプルの膜厚を測定することもできない。

[0004] 一方で、白色光をセンサーチップ上に形成された透明薄膜サンプルに照射し、透明薄膜サンプルの表面で反射した表面反射光と透明薄膜サンプルが塗

布されたセンサーチップの底面で反射した底面反射光との干渉成分を分光器で分光、解析することにより透明薄膜サンプルの膜厚を測定可能な反射干渉分光法ＲＩｆＳ（Reflectometric Interference Spectroscopy）が知られている（特許文献１）。このＲＩｆＳにおいては、光ファイバーを用いて表面反射光及び底面反射光を受光するため、焦点調整を行う必要がなく、容易に透明薄膜サンプルの膜厚変化に関係する光干渉ボトムピークシフトを連続測定することができる。また、このＲＩｆＳにおいては、測定精度を高めるために、屈折率が透明薄膜サンプルと大きく異なる媒体や干渉性の高いＳｉＮ基板をセンサーチップとして用意し、ＳｉＮ基板の上に透明薄膜サンプルを形成して透明薄膜サンプルの裏面におけるノイズ反射の低減と干渉シグナルの増強を行い、高精度な膜厚測定、高精度な膜厚連続測定を行うことができる。なお、ＳｉＮ基板は、裏面反射の影響を排除し干渉シグナルを増幅することができるため、ＳｉＮ基板の上に透明薄膜サンプルを配置することにより、水中でも大気中でも高精度な膜厚連続測定を行うことが可能である。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第３７８６０７３号公報

非特許文献

[0006] 非特許文献1：オリンパス株式会社、”工業用顕微鏡　ＵＳＰＭ－ＲＵ　ＩＩＩ”、［online］、［平成２７年１２月２２日検索］、インターネット＜ＵＲＬ：http://www.olympus-ims.com/ja/metrology/lens-spectral/uspm-ru3/＞

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、上述のＲＩｆＳにおいては、透明薄膜サンプルをセンサーチップ上に密着する必要がある上、サンプルの膜厚が約十μｍを超えた場合には、干渉シグナルがセンサーチップにより減衰してしまい干渉データが得られなくなるという問題があった。

[0008] また、光ファイバーを用いた反射干渉分光において、厚膜透明媒体上の透明薄膜サンプルを直接測定することができないという問題があった。なぜならば、厚膜透明媒体として用いられるシャーレの厚さは１ｍｍ程度であるため、シャーレの上に、数十ｎｍ～数μｍ程度の厚さの透明薄膜サンプルを配置して測定を行った場合、透明薄膜サンプルの反射干渉シグナルがシャーレの反射ノイズに埋もれてしまい、透明薄膜サンプルの反射干渉シグナルを得ることができなくなるからである。

[0009] 本発明の目的は、厚膜透明媒体上の透明薄膜サンプルを高精度に直接測定することができる測定装置、測定方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0010] 発明者らは、本発明を完成するに先立って、まず、発明思想の基となる実験として、次のような原理検証を行った。この原理検証は、連続測定に優れたパンフォーカスの光ファイバーの受光系を用いた場合になぜ厚膜透明媒体上の透明薄膜サンプルの干渉シグナルが得られないのかについて原因を究明するために行われた。

[0011] 図２５は、原理検証に用いた光学系１０１を示す図である。図２５に示すように、光学系１０１は、投光用光ファイバー１０３、第１のレンズ１０４、厚膜透明媒体として用いられるポリスチレン製シャーレ１０５、絞り１０７、第２のレンズ１０９、受光用光ファイバー１１０を備えている。また、ポリスチレン製シャーレ１０５の底面には反射板１０６が配置され、ポリスチレン製シャーレ１０５の表面には透明薄膜サンプルとして図示しないゼラチンが配置されている。なお、投光用光ファイバー１０３の光軸と受光用光ファイバー１１０の光軸は直交するように配置されている。

[0012] この光学系１０１を用いて、投光用光ファイバー１０３からゼラチンに向けて白色光を投光したところ、図２６の左に示すように、３成分の干渉光のビームパターンがゼラチン上に観察された。

[0013] また、原理検証においては、投光用光ファイバー１０３の光軸と受光用光ファイバー１１０の光軸を直交させて配置させ、第２のレンズ１０９から１

２０ｍｍの位置に受光用光ファイバー１１０を配置し、受光用光ファイバー１１０の受光面の位置を変化させることにより、３成分の干渉光のビームパターンの何れかを選択的に受光することができることがわかった。

[0014] 具体的には、受光用光ファイバー１１０の受光面の中心位置を投影ビームの投光系に近い端から５ｍｍとした場合には、ビームパターン１１２として観察された干渉光を受光し、図２６の右上のグラフ１１８に示すスペクトルを得ることができることがわかった。また、受光用光ファイバー１１０の受光面の中心位置を投影ビームの投光系に近い端から６ｍｍとした場合には、ビームパターン１１４として観察された干渉光を受光し、図２６の右中のグラフ１２０に示すスペクトルを得ることができることがわかった。同様に、受光用光ファイバー１１０の受光面の中心位置を投影ビームの投光系に近い端から８．５ｍｍとした場合には、ビームパターン１１６として観察された干渉光を受光し、図２６の右下のグラフ１２２に示すスペクトルを得ることができることがわかった。なお、グラフ１１８、グラフ１２０、及びグラフ１２２は、各干渉光の反射強度を示すものである。横軸は干渉光に含まれる光の波長を示し、縦軸はそれぞれの光の波長ごとの反射強度を示している。

[0015] ところで、仮にこれらの３成分の干渉光のスペクトルを合波した場合、図２７に示すように、３成分の干渉シグナルが互いに位相反転して打ち消し合って波形が滑らかになり、干渉縞が得られなくなることがわかった。すなわち、厚膜透明媒体上に配置されたゼラチンに光ファイバーから投光した光を正反射させた場合には、干渉シグナルが互いに打ち消し合って干渉縞が得られなくなるため膜厚測定ができなくなる。

[0016] 発明者らはこれらの知見に基づき、透明薄膜サンプルの反射干渉シグナルが厚膜透明媒体の反射ノイズに埋もれないようにし、かつ３成分の干渉シグナルが互いに打ち消し合わないように３成分の位相の異なる干渉シグナルを分離可能にした最適な構成を実現させるべく、本発明を完成させるに至った。

[0017] 上述した目的のうち少なくとも一つを実現するために、本発明は下記の事

項を包含する。

［１］厚膜透明媒体上に配置されたサンプルを測定する測定装置であって、白色光を発光する光源と、前記光源から発光された前記白色光を前記サンプルに向けて投光する投光面を有する投光部と、前記投光面から投光された前記白色光が前記サンプルの表面及び前記厚膜透明媒体の表面で反射することで得られた反射干渉光を受光する受光面を有する光ファイバーから成る受光部と、前記受光面により受光された前記反射干渉光に含まれる一定の波長ごとの光について光強度を検出する分光部と、前記分光部による検出結果に基づいて前記サンプルを測定する測定部とを備え、前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が１～１０度となるように構成されている測定装置。

発明の効果

[0018] 本発明によれば、厚膜透明媒体の透明薄膜サンプルを高精度に直接測定することができる測定装置、測定方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]実施の形態に係る測定システムを示す概要図である。

[図2]実施の形態に係る測定装置に備えられた光伝達部の先端部分の側方断面を示す図である。

[図3]実施の形態に係る測定装置に備えられた光伝達部の下端面を示す平面図である。

[図4]実施の形態に係る測定システムにおける同軸系の光伝達部と厚膜透明媒体との位置と角度の関係を示す図である。

[図5A]実施の形態に係る測定システムにおける別軸系の光伝達部と厚膜透明媒体との位置と角度の関係を示す図である。

[図5B]実施の形態に係る測定システムにおける別軸系の光伝達部に特定の光をカットする光マスクを装着した場合の図である。

[図6]実施の形態に係る厚膜透明媒体を上方から視た斜視図および側方から視た図である。

[図7]実施の形態に係る測定システムを用いて実験を行った場合にサンプル上に現れた干渉光のビームパターンを示す図である。

[図8]実施の形態に係る第１のサンプル表面反射干渉光を示す図である。

[図9]実施の形態に係るサンプル表面透過干渉光を示す図である。

[図10]実施の形態に係る第２のサンプル表面反射干渉光を示す図である。

[図11]実施の形態においてサンプルの膜厚を計算する場合に用いられるスペクトルを示す図である。

[図12]実施の形態においてサンプルの膜厚を計算する場合に用いられるスペクトルを示す図である。

[図13]実施例１において受光距離を１ｍｍに設定し、受光角度を０．５度、１度、２度、３度、４度、５度の間で変化させてＧｅＩ４を測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図14]実施例１において受光距離を１ｍｍに設定し、受光角度を６度、７度、８度、９度、１０度の間で変化させてＧｅＩ４を測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図15]実施例１において受光距離を５ｍｍに設定し、受光角度を０．５度、１度、２度、３度、４度、５度の間で変化させてＧｅＩ４を測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図16]実施例１において受光距離を５ｍｍに設定し、受光角度を６度、７度、８度、９度、１０度の間で変化させてＧｅＩ４を測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図17]実施例４において反射板を変化させてＧｅＩ３を測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図18]実施例４において反射板を変化させてＧｅＩ３を測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図19]実施例５において水中で測定されたＬａｔｅｘ１の膜厚の経時的な変化を示す図である。

[図20]実施例６において水中で測定されたＬａｔｅｘ２の断面の膜厚を示す

図である。

[図21]実施例７において湿度を変化させながら測定したサンプルの膜厚を示す図である。

[図22]実施例７において反射板を変化させた場合のスペクトルを示す図である。

[図23]実施例７において反射板を変化させてサンプルを測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図24]実施例７において反射板を変化させてサンプルを測定した場合のスペクトルを示す図である。

[図25]原理検証に用いられた光学系を示す図である。

[図26]原理検証においてサンプル上に現れた干渉光のビームパターン、及び干渉光の反射強度を示すグラフを示す図である。

[図27]干渉光のスペクトルをすべて合波した場合に干渉縞が得られなくなることを示す図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、図面を参照して、実施の形態に係る測定システムについて、厚膜透明媒体上に配置されたサンプルを測定する場合に用いられる測定システムを例に説明する。図１は、実施の形態に係る測定システムを示す概要図である。図１に示すように、測定システム１は、白色光源２、分光器４、光伝達部６、制御部８を備える測定装置１０と、測定対象物となるサンプル１２が配置された厚膜透明媒体１４とから構成されている。

[0021] なお、白色光源２、分光器４、光伝達部６は、好ましくは測定装置１０本体に収容されており、この測定装置１０本体に、例えばＰＣ（Ｐｅｒｓｏｎａｌ　Ｃｏｍｐｕｔｅｒ）の形態をとる制御部８が制御可能に接続される。

[0022] 白色光源２は、光源用のランプ（図示せず）とこれを格納する筐体（図示せず）とから構成されている。筐体はＰＣとの通信機能を有しており、制御部８からソフト的に光量調節可能なものが好ましい。また、光源用のランプは、４００～８００ｎｍ、あるいは４００～１０００ｎｍ等の可視から近赤

外に連続的な発光を有するものであれば良く、たとえば、ハロゲンランプ、キセノンランプの他、白色ＬＥＤが用いられる。

[0023] 光伝達部６は、白色光源２で発光された白色光をサンプル１２に投光する投光用光ファイバー６ａ、および投光用光ファイバー６ａから照射された白色光の反射干渉光を受光し分光器４に導く受光用光ファイバー６ｂを備えている。図２は、光伝達部６の先端部分の側方断面を示す図であり、図３（ａ）は、光伝達部６の下端面を示す平面図である。図２、図３（ａ）に示すように、光伝達部６は、コア部分である略円柱状の投光用光ファイバー６ａの周囲をクラッド部分である略円筒状の受光用光ファイバー６ｂが取り囲む構成を有している。このため、光伝達部６の下端面においては、中央に円形の受光面６ｄが形成され、受光面６ｄの周囲に同心円状の投光面６ｃが形成される。

[0024] ここで、光伝達部６には、単一の光伝達部６で投光と受光の両方を行う光伝達部６Ａ（以下、同軸系の光伝達部６という。）と、投光用の光伝達部６Ａと受光用の光伝達部６Ｂを別々に有する光伝達部６（以下、別軸系の光伝達部６という。）の二つのタイプが存在する。

[0025] なお、同軸系の光伝達部６においては、図４に示すように、光伝達部６と厚膜透明媒体１４とが相対的に所定の角度傾斜するように配置される。具体的には、厚膜透明媒体１４の表面の垂線Ｙと受光面６ｄの中心軸Ｘとの間の角度（以下、受光角度という。）θ１が１～１０度、好ましくは１～３度となるように、光伝達部６および厚膜透明媒体１４の少なくとも一方が傾斜して配置される。また、厚膜透明媒体１４の表面と受光面６ｄとの間の距離（以下、受光距離という。）Ａは、２～３ｍｍに設定される。このように受光角度θ１、受光距離Ａを設定することにより、受光用光ファイバー６ｂには、特定の干渉成分のみが選択的に受光されて、反射干渉光がシャーレの反射ノイズに埋もれることを抑制することができる。

[0026] また、同軸系の光伝達部６においては、必ずしも投光用光ファイバー６ａの周囲を略円筒状の受光用光ファイバー６ｂが取り囲む構成を備えなくても

よい。たとえば、略円柱状の投光用光ファイバー６ａと略円柱状の受光用光ファイバー６ｂとを束ねるようにしてもよい。この場合、光伝達部６を下端面側から視ると、図３（ｂ）に示すように、円形の受光面６ｄと投光面６ｃとが隣接して形成される。

[0027] このように、投光用光ファイバー６ａと受光用光ファイバー６ｂとを束ねた場合、受光角度θ１をより大きくしても受光面６ｄで干渉光を受光することが可能となる。

別軸系の光伝達部６においては、図５Ａに示すように、投光用の光伝達部６Ａと厚膜透明媒体１４、及び受光用の光伝達部６Ｂと厚膜透明媒体１４とがそれぞれ相対的に所定の角度傾斜するように配置される。具体的には、受光角度θ２が１～１０度、好ましくは５～１０度となるように、光伝達部６および厚膜透明媒体１４の少なくとも一方が傾斜して配置される。また、受光距離Ｂは、１～１０ｍｍに設定される。このように受光角度θ２、受光距離Ｂを設定することにより、反射干渉光が厚膜透明媒体１４の反射ノイズに埋もれることを抑制することができる。この際に重要なことは、反射ノイズを避けるためにサンプル１２表面に投影された光の投光用光ファイバー６ａに近い端面の光を受光用光ファイバー６ｂが受光するように配置することである。即ち、反射ノイズは透明厚膜媒体を通過するため、透明厚膜媒体を通過しない表面の反射干渉よりも照射位置からより遠い位置に出現する。

[0028] なお、別軸系の光伝達部６においては、図５Ｂに示すように、受光面６ｄに特定の光をカットする光マスク７を装着するようにしてもよい。これにより、受光面６ｄで受光する干渉光からノイズ光を除去することができる。

[0029] 分光器４は、受光用光ファイバー６ｂを介して受光した光に含まれる一定の波長間隔ごとの光についての光強度を検出する解析用の機器である。

制御部８は、測定装置１０の各部を統括的に制御する機能を備える機器であり、オペレータから検出動作の実行の入力を受け付けて、測定装置１０への検出動作制御の実行指令を出力する。また、制御部８は、分光器から取得したデータをもとに演算を行う演算機能を備えている。

[0030] 厚膜透明媒体１４は、図６（ａ）、（ｂ）に示すように、円盤１４ａの周囲に円筒状の周壁１４ｂを備えた構造を有している。ここで、円盤１４ａは、０．１～５．０ｍｍの厚さを有している。この厚さは、円盤１４ａの表面から入射した光が反射干渉を起こさない程度の可干渉距離を超えた厚さである。厚膜透明媒体１４としては、再生医療分野において一般的に用いられるシャーレ等が用いられる。なお、厚膜透明媒体１４を構成する部材には、たとえばポリスチレンのようなポリマー材料やガラス等の透明な部材が用いられる。また、厚膜透明媒体１４の背面での光の反射率は２０％以下であることが好ましい。このため、厚膜透明媒体１４の背面に黒紙などを配置し、背面における光の反射率を抑制してもよい。これにより、受光用光ファイバー６ｂによる受光効率をさらに低減することができる。

[0031] サンプル１２は、透明な素材から成る測定対象物であり、測定時には１ｎｍ～１００μｍの厚さの薄膜として円盤１４ａの表面上に配置される。ここで、サンプル１２としては、たとえば、ゼラチンやコラーゲンなどの再生医療の足場材料が用いられる。なお、厚膜透明媒体１４の背面での光の反射率を２０～７０％にした場合でも精度は落ちるが膜厚測定することは可能である。

[0032] 以下、実施の形態の測定装置１０を用いてサンプル１２を測定する処理について説明する。なお、ここでは、サンプル１２にコラーゲンを使用し、厚膜透明媒体１４にポリスチレン製シャーレを用いる場合を例に説明する。

[0033] まず、オペレータは、円盤１４ａの表面上にサンプル１２が配置された厚膜透明媒体１４を図示しないスピンコーター上に載置し、スピンコーターの回転速度を調整しながら厚膜透明媒体１４の円盤１４ａの表面（以下、厚膜透明媒体１４の表面と略す。）上にサンプル１２の薄膜を形成させる。

[0034] 次に、厚膜透明媒体１４が光伝達部６の下方の所定の位置に配置され、白色光源２が点灯されると、投光用光ファイバー６ａを透過した白色光が投光面６ｃから射出され、サンプル１２に白色光が照射される。これにより、図７に示すように、サンプル１２上に干渉光のビームパターンとして、第１の

サンプル表面反射干渉光のビームパターン２０ａ、サンプル表面透過干渉光のビームパターン２０ｂ、第２のサンプル表面反射干渉光のビームパターン２０ｃが現れる。なお、各干渉光のビームパターンが同心円状であることは、投光用光ファイバー６ａの断面形状が同心円状であることに由来する。

[0035] また、各干渉光のビームパターンが空間的に分離されて少しずつずれるのは、図４、５を用いて説明したように、受光角度と受光距離を上述したように適切な角度・距離に設定したことによる。これにより、測定対象とする干渉光をその他の干渉光等から分離して受光することが可能となる。

[0036] ここで、各干渉光について説明する。第１のサンプル表面反射干渉光は、図８に示すように、サンプル１２の表面で反射した反射光と、サンプル１２を透過した後に厚膜透明媒体１４の表面で反射した反射光とが干渉することによって得られた干渉光である。なお、この第１のサンプル表面反射干渉光は、他の干渉光と比較して最もコントラストが大きく、膜厚換算を行いやすい干渉光である。

[0037] また、サンプル表面透過干渉光は、図９に示すように、厚膜透明媒体１４の底面で反射した反射光と、一旦厚膜透明媒体１４の表面で反射した後にサンプル１２の表面で反射しさらに厚膜透明媒体１４の底面で反射した反射光と、一旦厚膜透明媒体１４の底面で反射した後にサンプル１２の表面で反射しさらに厚膜透明媒体１４の表面で反射した反射光とが干渉することによって得られた干渉光である。

[0038] また、第２のサンプル表面反射干渉光は、図１０に示すように、一旦厚膜透明媒体１４の底面で反射した後に厚膜透明媒体１４の表面で反射し再び厚膜透明媒体１４の底面で反射した反射光と、一旦厚膜透明媒体１４の底面で反射した後にサンプル１２の表面で反射し再び厚膜透明媒体１４の底面で反射した反射光とが干渉することによって得られた干渉光である。

[0039] 次に、オペレータは、さらに受光位置を調整し、受光用光ファイバー６ｂにより受光する干渉光を選択する。たとえば、同軸系の光伝達部６を用いる場合、受光距離Ａ（図４参照）を調整し、第１のサンプル表面反射干渉光（

図７参照）を選択する。また、別軸系の光伝達部６を用いる場合、受光距離Ｂを調整し、第１のサンプル表面反射干渉光を選択する。

[0040] これにより、受光面６ｄには、主に第１のサンプル表面反射干渉光（図８参照）が入射され、それ以外の干渉光がノイズとして受光面６ｄに入射することが抑制される。このため、位相の異なる複数の干渉波が合波されて互いに打ち消し合うことが防止され、膜厚を算出しやすくなる。なお、受光距離の調整は、図示しない操作部により光伝達部６の高さを調整することにより行ってもよく、厚膜透明媒体１４の位置を移動させることにより行ってもよい。

[0041] なお、選択する干渉光は必ずしも第１のサンプル表面反射干渉光である必要はなく、第２のサンプル表面反射干渉光を選択してもよい。

次に、受光面６ｄに入射した干渉光が受光用光ファイバー６ｂを介して分光器４に導かれると、分光器４によって、受光面６ｄに入射した干渉光に含まれる一定の波長間隔ごとの光についての光強度が検出され、分光強度として制御部８に出力される。

[0042] 制御部８は、分光器４から干渉光の分光強度のデータを取得し、波長帯域ごとに、干渉光の分光強度を基準となる白色光の分光強度で除して反射率を算出する。基準光の分光強度データは、あらかじめ装置組み立て調整時に測定して保有していたものでもよいし、その他の手段によりたとえば測定の都度取得したものでもよい。制御部８は、算出した反射率に基づき反射スペクトルを作成し、反射率極小波長（λ）を決定する。次に、制御部８は、たとえば予めシミュレーションされた所定の計算式に反射率極小波長（λ）を代入することにより、サンプル１２の膜厚を算出する。また、制御部８は、ある基準となる反射率極小波長（ベースライン）に対する、測定された反射率極小波長の変化量（Δλ）を取得することもできる。この場合、反射率極小波長の変化量（Δλ）に基づいて膜厚の変化量が算出される。

[0043] この実施の形態に係る測定システム１によれば、受光角度と受光距離を適切な角度・距離に調整することにより、厚膜透明媒体１４の底面における光

の反射率を抑制することができ、測定対象とする干渉光が厚膜透明媒体１４の底面における反射ノイズに埋もれることがないため、厚膜透明媒体１４上に特殊なセンサーチップを配置することなく、厚膜透明媒体１４上に配置されたサンプル１２を直接測定することができる。また、光ファイバーを用いて干渉光を受光するため、膜厚が変化するたびに焦点調節を行う必要がなく、水中でも大気中でも厚膜透明媒体１４上に配置されたサンプル１２を連続的に測定することができる。

[0044] また、受光角度と受光距離を適切な角度・距離に調整することにより、測定対象とする干渉光をノイズとなる他の干渉光等から空間的に分離し、選択的に受光することができる。このため、位相の異なる複数の干渉波が合波されて互いに打ち消しあうことが防止され、サンプル１２の膜厚、膜厚の変化を高精度に測定することができる。

[0045] 以下、実施の形態に係る測定システム１を用いて行った実験の実施例について説明する。

実施例

[0046] ［試料の調製１］

実施例１～４を行うに先立って、オペレータは、まず３０ｍｌのサンプル管５本を用意し、表１に示すように、サンプル１２であるゼラチン（MP BIOMEDICALS社製Gelatin Type A）を各々０．１ｇ、０．２５ｇ、０．５ｇ、１ｇ、２ｇ秤量した。更に各々のゼラチンに超純水を加え、サンプル管内におけるゼラチンと超純水の合計重量が各々１０ｇとなるように仕上げた。次に、各サンプル管を室温で３０分膨潤放置した後、各サンプル管内の水とゼラチンを撹拌しながら５０℃に加熱した。これにより、ゼラチンを水に溶解させ、各々１ｗｔ％、２．５ｗｔ％、５ｗｔ％、１０ｗｔ％、２０ｗｔ％の濃度のゼラチン溶液を作製した。なお、作製した各濃度のゼラチン溶液のサンプル番号を順にＧｅｌ１、Ｇｅｌ２、Ｇｅｌ３、Ｇｅｌ４、Ｇｅｌ５とした。

[0047] 次に、厚膜透明媒体１４であるポリスチレン製シャーレ（岩城硝子社製）を２６ｍｍ×２０ｍｍの大きさにカットしたものを５個用意し、カットされ

た５個のポリスチレン製シャーレを順次スピンコーターにセットして上述の５種類のゼラチン溶液をポリスチレン製シャーレに塗布した。なお、各々のゼラチン溶液は、まずスピンコーターを回転開始してから５秒後に回転速度５００ｒｐｍまで予備加速させた後、６０秒間回転し、余分な塗布液を除去しながらポリスチレン製シャーレに塗布した。

[0048] 次に、ゼラチンが塗布されたポリスチレン製シャーレを６０℃にセットされた乾燥器の中で３０分間加熱乾燥させ、５個のポリスチレン製シャーレ上に厚さ違いのゼラチンを製膜した。次に、電子顕微鏡でゼラチン断面の写真撮影を行った後、ゼラチン膜厚を求めた。

[0049] [表1]

サンプル番号	ゼラチン秤量	ゼラチン溶液濃度	電子顕微鏡で観察した膜厚
Gel 1	0. 1g	1 wt%	約200 nm
Gel 2	0. 25 g	2. 5 wt%	約400 nm
Gel 3	0. 5 g	5 wt%	約1000 nm
Gel 4	1 g	10 wt%	約2000 nm
Gel 5	2 g	20 wt%	約10000 nm

[0050] （膜厚算出の方法論に関わる説明）

干渉波形と膜厚との関係性を明確にするために、本発明の条件下、米国Thin Film Center Inc製の光学シミュレーターThe Essential Macleodを使用して対象膜厚を変化させて干渉波形のシミュレーションを行った。結果、本発明の１～１０度程度の角度変化に伴う干渉波形の変化は０度のそれと比較して非常に小さいことが確認できた。

[0051] 図１１、１２は、ＰＳシャーレ上のサンプル膜厚計算を行う際に用いられる干渉光のスペクトルである（干渉波形は屈折率で若干前後するが、ここではｎ＝１．５３のシミュレーションデータを示す。）。図１１、１２に示すように、干渉光のスペクトルを観察すると、約８０ｎｍのサンプル膜厚になって初めてボトムが出てくることがわかる。このため、８０ｎｍ以上の膜厚では干渉ボトムを解析することで、容易にかつ精度良く膜厚を求めることが可能である。サンプル膜厚が約１５０ｎｍになるとボトムとピークが出現するので、ボトムとピークの位置から膜厚算出が可能である。更に膜厚が増え

るに伴い（膜厚が約３００ｎｍ以上）ボトムとピークの数が増えていくので波数（ボトムとピーク）とボトムピークの位置から膜厚算出が可能である。

[0052] 一方で、８０ｎｍ以下の膜厚領域では、明確な干渉ボトムが存在しないので膜厚算出は容易ではない。本発明では、次の２つの膜厚算出方式を提案する。（１）ボトムのない領域における（膜厚約８０ｎｍ以下）干渉波形の傾きから膜厚を算出する方式。（２）干渉波形の傾きをボトムに変換する機構を設ける。すなわち、分光反射率にボトムを有する背面反射板を設置し、サンプル＋シャーレ＋背面の反射板との組合せにより検出する反射干渉スペクトルにもボトムを形成し、サンプル膜厚が増加する際にボトムの傾き変化をボトム波長変化に光学的に変換する方式。

[0053] なお、反射干渉に基づく分光反射率から膜厚算出するには、予め得られたシミュレーションデータをＰＣ上に保持し、測定された分光反射率と比較することで容易に得られる。前記比較解析に用いる分光反射率の数値としては、ボトム波長、ボトム波長とピーク波長、周波数等が用いられる。一方で、本発明者らは、シミュレーションデータを保持することなく、膜厚と干渉波形(sinカーブ)の計算式から直接測定膜厚を求めるプログラムを作成した。

[0054] すなわち、Ｓｎｅｌｌの式から導出した下記数式１を用いることで、上記様々な膜厚シミュレーションと同じ結果が得れることを確認した。以下の実施例では数式1を用いたプログラムにより干渉波形からの膜厚算出を行った。

$$d = N \cdot \lambda 1 \cdot \lambda 2 / (\lambda 1 - \lambda 2) \times 1 / (2 \cdot n 1 \cdot \cos\theta) \quad \cdots \text{数式１}$$

[0055] ［実施例１］（同軸系の光伝達部を用いたポリスチレン製シャーレ上のゼラチン膜厚測定）

［測定装置］

次に、実施例１で用いた測定装置１０について説明する。実施例１においては、同軸系の光伝達部６（図４参照）を備えた測定装置１０を用いて実験を行った。ここで、同軸系の光伝達部６は、モリテックス社製の特注ファイバー（以下、実施例１に用いられた同軸系の光伝達部６を特注ファイバーと

いう。）であり、開口数Ｎ／Ａが０．２２の受光面６ｄを有する受光用光ファイバー６ｂを備えている。なお、この特注ファイバーにおいては、コア部分を構成する受光用光ファイバー６ｂが受光センサーに接続され、クラッド部分を構成する投光用光ファイバー６ａが白色光源２に接続されている。なお、受光用光ファイバー６ｂの直径は約０．２ｍｍである。

[0056] また、実施例１で用いた測定装置１０に備えられた分光器４（図１参照）は、浜松ホトニクス社製のミニ分光器C10535CA-51である。また、白色光源２としては、モリテックス社製のランプハウジングMHF-V501に格納されたハロゲンランプ MORITEX LM-50 12V50Wを用いた。

[0057] 次に、実施例１で行った実験について説明する。まず、オペレータは、特注ファイバーの下端面の中心軸と水平面の垂線との間の角度が０度となるように特注ファイバーをスタンドで固定した。なお、この時点で、特注ファイバーの直下には、ゴニオメータ（中央精機社製）が配置されている。次に、表面にゼラチンが製膜されたポリスチレン製シャーレをゴニオメータ上に載置し、特注ファイバーの下端面の中心軸とポリスチレン製シャーレの表面の垂線との間の受光角度を０～１０度の間で変化させた。

[0058] なお、受光角度については、実施の形態で説明したとおり、特注ファイバーとポリスチレン製シャーレのいずれを傾斜させて実験を行ってもよい。特注ファイバーとポリスチレン製シャーレのいずれを傾斜させても光学的な効果は変わらないため、オペレータは、測定の利便性に応じて受光角度を調整することができる。

[0059] また、受光距離の調整は、ポリスチレン製シャーレの表面と特注ファイバーの受光面との間に隙間ゲージを挟んで確認しながら行った。

次に、測定データを分光器４からＵＳＢ経由でパソコンに取り込み、ゼラチンが塗布されたポリスチレン製シャーレの分光強度データを規格化し、ゼラチンが塗布されていないリファレンスシャーレの規格化分光強度で除算して分光反射率を求めた。

[0060] ゼラチンの膜厚は、Ｓｎｅｌｌの式から導出した上述の数式１によって求

めた。

表２は、数式１に入力した各ゼラチンの波長域（λ１－λ２）、ボトム個数Ｎ、及び数式１によって求められた各ゼラチンの膜厚算出用に設定したデータ取得用の膜厚を示す表である。なお、表２には示されていないが、ゼラチンの屈折率ｎ１は１．５３とした。

[0061] [表2]

	Gel1	Gel2	Gel3	Gel4	Gel5
波長域(λ1-λ2)	735-492	688-452	730-481	630-447	695-594
ボトム個数N	0.5	1	2	4	7
計算膜厚	243nm	430nm	921nm	2011nm	9350nm

[0062] また、測定精度はｃｏｎｔｒａｓｔから求めることができる。ここで、干渉の山をａとし、干渉の谷をｂとした場合、ｃｏｎｔｒａｓｔは、以下に示す数式２によって求めることができる。

[0063] Ｃｏｎｔｒａｓｔ＝（ａ－ｂ）／（ａ＋ｂ） … 数式２

以下に、各サンプル番号のゼラチンについて、受光角度と受光距離をそれぞれ変えながら数式１を用いて算出したＣｏｎｔｒａｓｔをまとめた表３～７を示す。

[0064] [表3]

Gel1	0～0.5度	1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度	8度	9度	10度
距離1mm	0.010	0.017	0.024	0.019	0.019	0.018	0.024	0.031	0.019	0.031	0.033
距離2mm	0.010	0.006	0.015	0.014	0.018	0.014	0.014	0.014	0.014	0.027	0.027
距離3mm	0.031	0.043	0.043	0.055	0.041	0.047	0.047	0.044	0.044	0.044	0.028
距離4mm	0.003	0.018	0.015	0.025	0.048	0.032	0.049	0.040	0.041	0.050	0.014
距離5mm	0.013	0.025	0.019	0.020	0.024	0.021	0.021	0.020	0.023	0.018	0.015

[0065] [表4]

Gel2	0～0.5度	1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度	8度	9度	10度
距離1mm	0.019	0.021	0.017	0.014	0.009	0.039	0.068	0.062	0.043	0.060	0.055
距離2mm	0.075	0.038	0.052	0.047	0.037	0.034	0.047	0.050	0.085	0.035	0.039
距離3mm	0.085	0.050	0.056	0.092	0.092	0.091	0.037	0.051	0.051	0.052	0.067
距離4mm	0.043	0.032	0.070	0.075	0.052	0.041	0.030	0.040	0.037	0.033	0.034
距離5mm	0.042	0.043	0.033	0.056	0.055	0.057	0.059	0.055	0.057	0.042	0.049

[0066] [表5]

Gel3	0～0.5度	1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度	8度	9度	10度
距離1mm	0.015	0.020	0.028	0.025	0.014	0.010	0.022	0.027	0.054	0.065	0.077
距離2mm	0.049	0.086	0.062	0.068	0.030	0.008	0.013	0.039	0.033	0.030	0.024
距離3mm	0.052	0.019	0.038	0.040	0.051	0.013	0.021	0.025	0.020	0.047	0.046
距離4mm	0.032	0.031	0.026	0.030	0.022	0.020	0.029	0.033	0.051	0.055	0.092
距離5mm	0.046	0.050	0.033	0.035	0.021	0.017	0.020	0.044	0.050	0.044	0.044

[0067] [表6]

Gel4	0～0.5度	1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度	8度	9度	10度
距離1mm	0	0	0	0	0	0	0	**0.0455**	0.0285	0.0388	**0.0519**
距離2mm	0	0	0	0	0.022	0.024	0.012	0.015	0.033	**0.056**	**0.064**
距離3mm	0	0	0.037	0.023	0.028	0.031	0.030	0.030	0.034	**0.057**	**0.052**
距離4mm	0.024	0.026	0.036	0.038	**0.040**	**0.041**	**0.046**	**0.054**	**0.055**	**0.041**	0.033
距離5mm	0.016	0.027	**0.043**	**0.060**	**0.059**	**0.046**	0.018	0.025	0.019	0.028	**0.042**

[0068] [表7]

Gel5	0～0.5度	1度	2度	3度	4度	5度	6度	7度	8度	9度	10度
距離1mm	0.004	0.006	0.011	0.014	0.019	0.022	0.026	0.030	0.031	0.036	0.036
距離2mm	0.006	0.014	0.019	0.015	0.018	0.022	0.038	**0.040**	0.014	0.007	0.022
距離3mm	0.010	0.006	0.010	0.012	0.017	0.025	0.030	0.039	**0.040**	0.035	0.022
距離4mm	0.034	**0.041**	**0.040**	**0.049**	**0.049**	**0.045**	**0.045**	**0.043**	0.027	0	0
距離5mm	0.014	0.012	0.016	0.013	0.012	0.010	0.005	0.006	0	0	0

[0069] ここで、安定的に極値（ピーク、ボトム）のデータ処理を行うのに最低限必要なｃｏｎｔｒａｓｔは経験上０．０３以上（網掛けを行った領域）である。ｃｏｎｔｒａｓｔが０．０４以上となる数値は太字の部分で示してある。なお、ゼラチンとポリスチレン製シャーレの屈折率から求めた理論Ｃｏｎｔｒａｓｔは０．１７である。

[0070] 表２～６によれば、本発明の受光距離２～５ｍｍ、受光角度１～１０度の範囲内において全ての膜厚が測定できることがわかる。特に、３度近辺、７度近辺、９度近辺にｃｏｎｔｒａｓｔが向上する領域が存在する。これらの領域では、サンプルの膜厚が変化しても高精度に膜厚を測定することができる。なお、１０度以上では、受光ファイバーに入射する光が極端に少なくなり、干渉測定ができないことがわかった。

[0071] 図１３～１６は、Ｇｅｌ４をサンプルとした場合の干渉光のスペクトルを示す図である。ここで、図１３は、受光距離を１ｍｍに設定し、受光角度を０．５度、１度、２度、３度、４度、５度の間で変化させた場合のスペクトルを示しており、図１４は、受光距離を１ｍｍに設定し、受光角度を６度、７度、８度、９度、１０度の間で変化させた場合のスペクトルを示している。また、図１５は、受光距離を５ｍｍに設定し、受光角度を０．５度、１度、２度、３度、４度、５度の間で変化させた場合のスペクトルを示しており、図１６は、受光距離を５ｍｍに設定し、受光角度を６度、７度、８度、９度、１０度の間で変化させた場合のスペクトルを示している。

[0072] 図１３～１６によれば、受光距離を１ｍｍに設定した場合、受光角度が７度～９度ではＣｏｎｔｒａｓｔが見られるが、それ以外の受光角度ではＣｏｎｔｒａｓｔが見られないことがわかる。また、受光距離を５ｍｍに設定した場合、受光角度が２度～５度の間で特に強いＣｏｎｔｒａｓｔが見られることがわかる。

[0073] ［実施例２］（別軸系の光伝達部を用いたポリスチレン製シャーレ上のゼラチン膜厚測定）

実施例２においては、別軸系の光伝達部６（図５参照）を備えた測定装置１０を用いて実験を行った。ここで、実施例２で用いた測定装置１０の構成は、投光用の特注ファイバーと受光用の特注ファイバーを別個に備えたことを除けば基本的に実施例１の場合と同様であるが、受光用光ファイバー６ｂとしてＥｄｍｕｎｄＯｐｔｉｃｓ社製SMA400um0.22NAを用い、受光センサーとしてSMA100um0.22NAを用いた点が実施例１の場合と異なる。

[0074] 干渉測定の対象としては、サンプルにＧｅｌ２を用いた。そして、受光距離を３ｍｍに設定し、投光角度、および受光角度をそれぞれ対角で同時に変化させながら測定を行った。

[0075] 結果として、表８に示すように、最適な受光角度は実施例１の場合と同様に２～１０度であることがわかった。なお、受光角度が大きい程、表面反射干渉光とその他のシグナル（ノイズ成分）を分離できる一方で、受光角度を１０度以上にした場合には逆にノイズ成分が大きくなることもわかった。これについては、受光角度を大きくすることで、サンプル中を通過する反射光の光路の距離が長くなり、かつ反射光が表面粗さの影響をより大きく受けるためと推定できる。その他、複数回測定したときのコントラスト再現性も低いことがわかった。

[0076]

[表8]

		0.5°	2°	5°	10°	20°	30°	45°
1回目	a	1.023	1.125	1.161	1.125	1.102	1.115	1.109
	b	0.987	0.989	0.982	0.965	0.997	1.05	1.03
	contrast	0.0179	0.0643	0.0835	0.0766	0.05	0.03	0.0369
		0.5°	2°	5°	10°	20°	30°	45°
2回目	a	1.036	1.23	1.18	1.189	1.0064	1.106	1.093
	b	0.991	1.032	0.987	0.965	0.965	0.978	0.999
	contrast	0.0222	0.0875	0.0891	0.104	0.021	0.0614	0.0449
		0.5°	2°	5°	10°	20°	30°	45°
3回目	a	0.998	1.012	1.056	1.156	1.07	1.056	1.088
	b	0.987	0.899	0.912	0.985	1.023	1.05	1.022
	contrast	0.0055	0.0591	0.0732	0.0799	0.0225	0.0028	0.0313
平均値		0.0152	0.0703	0.0819	0.0868	0.0312	0.0314	0.0377

[0077] ［実施例３］（同軸系の光伝達部の受光用ファイバーの受光軸上に絞りを配置したことによるコントラストアップ効果）

実施例３においては、実施例１で用いた同軸系の光伝達部６の受光用ファイバーの受光軸上に絞りとして光マスク７（図５Ｂ参照）を装着して実験を行った。光マスク７としては、中央にスポット穴が開いた黒色マスクを用い、スポット穴の径を変えながら実験を行った。ここで、黒色マスクは、スポット穴の位置を受光用ファイバーの受光軸の位置に合わせて配置した。

[0078] また、サンプルとしてはＧｅｌ３を用い、受光距離を３ｍｍ、受光角度を３度に設定した。なお、リファレンスとして黒色マスクを配置しない場合の測定も行った。

結果として、表９に示すように、スポット径が小さな黒色マスクを使用した場合ほどコントラストが向上することが確認できた。このことは、干渉シグナルを特定の光軸のみに絞って受光センサーに導く際において、受光角度と受光距離を大きくしたことによって広がった光の中に含まれるノイズ成分（透過反射干渉、透過反射成分、反射干渉成分２）を黒色マスクでカットすることでコントラストが向上することを意味する。

[0079] なお、黒色マスクのスポット径は２ｍｍ以下のであることが好ましく、黒色マスクは、サンプル表面、または受光ファイバーの受光面に設置することが好ましいことがわかった。

[0080]

[表9]

	マスクなし	マスク穴径			
		3mmφ	2mmφ	1mmφ	0.5mmφ
a	1.085	1.085	1.0819	1.094	1.117
b	1.02	1.01	0.966	0.987	0.982
contrast	0.0309	0.0358	0.0566	0.0514	0.0643

[0081] ［実施例４］（同軸系の光伝達部を用いた場合において、ポリスチレン製シャーレ裏面の反射率を変化させた場合のコントラストへの影響）

実施例４においては、実施例１で用いた同軸系の光伝達部６を使用し、受光距離を３．５ｍｍ、受光角度を３度に設定した。また、サンプルとしてはＧｅｌ３を用い、ポリスチレン製シャーレの裏面に配置する反射板を変えながら、光源の強度を調整し、反射光量を一定にして干渉シグナルへの影響を調べた。ここで、反射板としては、表１０に示すように、ミラー（Ｅｄｍｕｎｄ社製ＴＥＣＨＳＰＥＣ平面ミラー）、Ｓｉ光沢（信越半導体社製シリコンウェハー表面）、Ｓｉ艶消し（信越半導体社製シリコンウェハー裏面）、Ａｕ（ＧＥヘルスケア社製、ビアコアＡｕセンサーチップ）、ＳｉＮ（コニカミノルタ製、Ｍｌ－Ａｆｆｉｎｉｔｙセンサーチップ）、緑紙（３Ｍ社製ポストイットグリーン）、ピンク紙（３Ｍ社製ポストイットピンク）、白紙（コニカミノルタ社製　ＫＭＢＪ－９９３２１３１１）、黄色テープ（ヤマト社製ビニールテープ黄）、黒光沢（アキレス株式会社製クロポリシート）、黒艶消し（アキレス株式会社製クロポリシート）をそれぞれ配置した。反射率は、白色板（日本色彩研究所）の反射率を基準（１００％）として４００～８００ｎｍの波長域で上記反射板の相対反射率を求めた。

[0082]

[表10]

	ミラー	Si光沢	Si艶消し	Au	SiN	緑紙
コントラスト	C	C	B	B	B	A
形状	C	C	B	B	C	A
総合評価	×	×	△	△	△	◎
背面反射率	83.9%	80.8%	69.9%	32.3%	8.4%	17.1%
	ピンク紙	白紙	黄色ﾃｰﾌﾟ	黒光沢	黒艶消し	
コントラスト	B	A	A	A	A	
形状	A	A	A	A	A	
総合評価	○	◎	◎	◎	◎	
背面反射率	13.8%	4.4%	6.0%	0.9%	0.9%	

[0083] Ａ：優、Ｂ：良、Ｃ：可

◎：優、○：良、△：可、×：劣

結果として、図１７、１８に示すように、７０％以上の光沢表面を有する反射板では干渉コントラストも、形状も不完全で十分な膜厚情報は得られなかった。一方で、６９．９％以下の反射率を有する反射板が干渉コントラスト、干渉形状を向上させるのに有効であることがわかった。上記干渉波形形状の評価では、反射板の吸収特性を考慮して評価している。各反射板の吸収波形は中でも２０％以下の低反射率において特に干渉信号の再現性が優れていることもわかった。

[0084] ［試料の調整２］

実施例５、６を行うに先立って、３０ｍｌのサンプル管２本を用意してサンプルであるラテックス（DIC社製カチオン性CP7610）を秤量し、超純水を加えて１／１０、１／５に希釈した２種類の調整液を作製した。次に、ポリスチレン製シャーレ（岩城硝子社製）を用意してスピンコーターにセットし、スピンコーター回転させながら２種類のラテックス溶液をポリスチレン製シャーレに塗布した。なお、ラテックス溶液は、まずスピンコーターを回転速度５００ｒｐｍで予備加速させた後、回転を開始してから５秒後、６０秒後にポリスチレン製シャーレに塗布した。

[0085] 次に、ラテックス溶液が塗布されたポリスチレン製シャーレを６０℃にセットされた乾燥器の中で３０分間加熱乾燥させ、２個のポリスチレン製シャーレ上に厚さ違いのラテックスを製膜した。次に、電子顕微鏡でゼラチン断

面の写真撮影を行った後、ゼラチン膜厚を求めた。

[0086] その結果、１／１０に希釈したラテックス溶液の膜厚は約２００ｎｍ、１／５に希釈したラテックス溶液の膜厚は約４００ｎｍであった。また、各々のラテックス溶液を用いたサンプルをそれぞれＬａｔｅｘ１、Ｌａｔｅｘ２とした。なお、干渉測定による膜厚は、Ｌａｔｅｘ１が２２３ｎｍ、Ｌａｔｘ２が４１５ｎｍであった。

[0087] ［実施例５］（水中計測と連続測定）

実施例１で用いた同軸系の光伝達部６を備えた測定装置１０を使用し、サンプルとしてはＬａｔｅｘ１を用いた。

[0088] 実験においては、まず、Ｌａｔｅｘ１が塗布されたポリスチレン製シャーレを所定の設置位置に設置し、ポリスチレン製シャーレに超純水を入れた後、０．１７ｍｍの厚さのカバーシートを水面上に被せた。次に、受光距離を３ｍｍ、受光角度を３度に設定し、水中に位置するＬａｔｅｘ１の連続測定を行った。

[0089] 図１９に示す計算膜厚は、干渉測定から得られる最大干渉ボトムの移動量を元にｓｎｅｌｌの式から膜厚換算したものである。実験では、まず、測定開始から２２０秒後にドデシルベンゼンスルホン酸の１Ｗｔ％溶液をカバーガラスの隙間に滴下して成膜したカチオンラテックスとアニオン界面活性剤との静電結合反応を測定した。次に、測定開始から２８０秒後に更にドデシルベンゼンスルホン酸とは逆の電荷を有するカチオンラテックスであるハイドランCP7610をカバーガラスの隙間に滴下して更なる静電結合反応を測定した。本発明のように、光ファイバーを用いたパンフォーカスの測定系を特定の条件下で用いることで、水中におけるサンプルの連続反応が測定できる。なお、このような測定は、フォーカスを用いた受光系では測定できないことが明白であり、光ファイバーを用いたパンフォーカスの測定系を用いてこそ、再生医療で望まれているシャーレ中の反応等の変化定量測定が可能であることがわかる。

[0090] ［実施例６］（水中の連続測定）

実施例６においては、実施例５で用いた測定装置１０を用いて実験を行った。ここで、実施例６で用いた測定装置１０の構成は、水平方向にスライド可能なＸステージを備えたことを除けば基本的に実施例５の場合と同様である。

[0091] 実験においては、まず、ＸステージにＬａｔｅｘ２が塗布されたポリスチレン製シャーレをセットし、実施例５と同じ測定条件でかつ１秒ごとに１０μｍずつＸステージを移動ながら水中における干渉測定を行った。なお、図２０に示す時間軸（横軸）は、Ｘステージ位置の移動量と置き換えることができる。たとえば、Ｘステージは、図２０に示すグラフの２５０ｓｅｃにおいて２５００μｍ移動したことになる。

[0092] 結果として、本発明のように、光ファイバーを用いたパンフォーカスの測定系を特定の条件下で用いることで、水中におけるサンプルの連続移動測定ができることが分かる。このような測定は、フォーカスを用いた受光系では測定できないことが明白であり、光ファイバーを用いたパンフォーカスの測定系を用いてこそ、再生医療で特に望まれているシャーレ中の分布定量測定が可能であることが分かる。

[0093] ［実施例７］（同軸系の光伝達部を用いた場合において、湿度を変化させながらポリスチレン製シャーレへの微量水吸脱着測定：裏面の反射率を変化させた場合の測定精度への影響）

本発明装置のサンプル設置場所にガス流路（縦２ｃｍ×横１ｃｍ×深さ０．５ｃｍでガス導入部とガス排出部には５ｍｍφの穴を設置）を設置した。調湿装置としては、英国Surface measurement 社製GenRHを用いて、本発明の干渉装置のガス流路にガスチューブで接続した。緑紙とＳｉ光沢の２種類の背面反射板を設置し、サンプルとして何も塗布していないポリスチレンシャーレ（岩城硝子社製ポリスチレン滅菌シャーレ）を置き、各々について窒素ガスを流しながら４００%RH/ｈｒで、図２１に示すように、湿度を１０（５分間ホールド）、８０（５分間ホールド）、１０（５分間ホールド）と連続的に変化させた。

[0094] 実験における測定ソフトウェアとしては、干渉ボトムの波長変化を数値化するものを用いた。なお、図２１は、背面に緑紙を設置した場合の実験の結果である。縦軸は水の吸脱着に伴うボトム変化ｎｍを屈折率から膜厚換算したものである。この測定では膜厚数ｎｍの水吸着変化を測定しているため干渉ボトムは存在しない。しかしながら、背面にボトムを有する反射板を用いることで、干渉波形の傾き変化が干渉ボトムのピークシフトに変換されていることが確認できた。

[0095] 図２２は、背面に緑紙を設置した上にシャーレを乗せた測定を行った場合の分光反射率、及び、背面にＳｉを設置した上にシャーレを乗せた測定を行った場合の分光反射率を示す図である。図２２に示すように、背面に緑紙を設置した場合、４５０ｎｍ近辺にボトムが存在しており、水吸着により約２ｎｍボトムピークシフトが起きていた事が分かった。一方で背面Ｓｉでは、ボトムはなくかつ水吸着によりピークシフトも観測されなかった。このことから、干渉測定系に関係していない背面に反射スペクトルのボトムを生じさせるような反射板を設置することにより高精度な膜厚変化測定が可能であることが分かる。

[0096] シャーレは１ｍｍ以上の厚みが有り、可干渉距離を大きく超えるので干渉シグナルは本来得られないが、この実験では、シャーレ材料であるポリスチレンに対する水の吸着により液化した水の膜厚が測定されたと考えられる。一方で、背面にＳｉ光沢を設置した測定では何ら膜厚の変化は観察されなかった。水分子の厚みは約０．３ｎｍであるので最大で４層分の水分子が液体として吸着したと推察される。

[0097] 表１１、図２３、２４は、さまざまな背面反射板を用いて実験を行った場合の実験結果である。表１１、図２３、２４によれば、背面のボトム位置（初期の変化が見られる５００㎚以下の領域が特に重要）とボトムの深さが微少膜厚変化測定の精度向上に寄与していることが分かった。ここで、表１１に示す測定精度とは、水吸着時の湿度１０％ＲＨと８０％ＲＨにおける膜厚変化量をレベル評価した場合における測定精度をいい、他の実施例における

コントラストとは異なる概念である。

[0098] なお、小な膜厚変化をボトムピークシフトに変換させるためには、

（１）背面反射板にボトムがあること

（２）４００－６００ｎｍにボトムがあること

（３）ボトムがシャープであること

（４）ボトムの絶対強度が強いことが必要な要件となる。

[0099] [表11]

	ミラー	SI	Si裏	Au	SiN	緑紙
背面ボトム	なし	なし	なし	約470nmに小さいボトム	約600nmにボトム	約460nmにボトム
コントラスト	×	×	×	△	○	◎
	ピンク紙	白紙	黄色ﾃｰﾌﾟ	黒光沢	黒艶消し	
背面ボトム	約550nmにボトム	約510nmに小さいボトム	約500nmにボトム、強度が弱い	約610nmに広範なボトム	約610nmに広範なボトム	
コントラスト	◎	△	△	○	○	

[0100] ◎：優、○：良、△：可、×：劣

すなわち、上述した本発明には下記の事項が包含されている。

［１］厚膜透明媒体上に配置されたサンプルを測定する測定装置であって、白色光を発光する光源と、前記光源から発光された前記白色光を前記サンプルに向けて投光する投光面を有する投光部と、前記投光面から投光された前記白色光が前記サンプルの表面及び前記厚膜透明媒体の表面で反射することで得られた反射干渉光を受光する受光面を有する光ファイバーから成る受光部と、前記受光面により受光された前記反射干渉光に含まれる一定の波長ごとの光について光強度を検出する分光部と、前記分光部による検出結果に基づいて前記サンプルを測定する測定部とを備え、前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が１～１０度となるように構成されていることを特徴とする測定装置。

[0101] ［２］前記厚膜透明媒体の背面の反射率が７０％以下であることを特徴とする［１］記載の測定装置。

［３］前記投光部及び前記受光部を収納する単一の光伝達部を備え、前記

光伝達部は、前記投光部の前記投光面から前記白色光を投光し、前記受光部の前記受光面により前記反射干渉光を受光する［１］または［２］記載の測定装置。

[0102] ［４］前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が１～３度であり、かつ前記受光面と前記厚膜透明媒体の表面との間の距離が２～３ｍｍである［３］記載の測定装置。

[0103] ［５］前記白色光を投光する前記投光部を有する投光用光伝達部と、前記反射干渉光を受光する前記受光部を有する受光用光伝達部とをそれぞれ別に備える［１］または［２］記載の測定装置。

[0104] ［６］前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が５～１０度であり、かつ前記受光面と前記厚膜透明媒体の表面との間の距離が１～１０ｍｍである［５］記載の測定装置。

[0105] ［７］前記測定部が、前記分光部による検出結果から算出された反射率、及び所定の数式によって算出された理論反射率を用いて前記サンプルの膜厚を測定する［１］～［６］の何れか一項に記載の測定装置。

[0106] ［８］前記測定部が、該測定装置において、反射率のボトムを有する背面反射板を透明厚膜媒体の下に設置し、微小な膜厚において光干渉ボトムを光学的に発生させる［１］～［７］の何れか一項に記載の測定装置。

[0107] ［９］前記測定部が、前記干渉波形の傾き、前記干渉波形のボトムの位置、及び前記干渉波形のボトムピークの数を用いて前記サンプルの膜厚を測定する［１］～［７］の何れか一項に記載の測定装置。

[0108] ［１０］前記厚膜透明媒体は、０．５～５．０ｍｍの厚さを有し、前記サンプルは、１ｎｍ～１００μｍの厚さを有する［１］～［９］の何れかに記載の測定装置。

[0109] ［１１］前記厚膜透明媒体は、再生医療分野において使用されるポリマー材料またはガラスを用いたシャーレである［１］～［１０］の何れかに記載の測定装置。

[0110] ［１２］前記測定部は、大気中及び水中の少なくとも一方において、前記

サンプルの膜厚または膜厚の変化を測定する［１］～［１１］の何れかに記載の測定装置。

符号の説明

[0111] １　測定システム

２　白色光源

４　分光器

５　サンプル管

６　光伝達部

６Ａ　同軸系の光伝達部

６Ｂ　別軸系の光伝達部

６ａ　投光用光ファイバー

６ｂ　受光用光ファイバー

６ｃ　投光面

６ｄ　受光面

８　制御部

１０　測定装置

１２　サンプル

１４　厚膜透明媒体

請求の範囲

[請求項1] 厚膜透明媒体上に配置されたサンプルを測定する測定装置であって、

白色光を発光する光源と、

前記光源から発光された前記白色光を前記サンプルに向けて投光する投光面を有する投光部と、

前記投光面から投光された前記白色光が前記サンプルの表面及び前記厚膜透明媒体の表面で反射することで得られた反射干渉光を受光する受光面を有する光ファイバーから成る受光部と、

前記受光面により受光された前記反射干渉光に含まれる一定の波長ごとの光について光強度を検出する分光部と、

前記分光部による検出結果に基づいて前記サンプルを測定する測定部とを備え、

前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が１～１０度となるように構成されている測定装置。

[請求項2] 前記厚膜透明媒体の背面の反射率が７０％以下である請求項１記載の測定装置。

[請求項3] 前記投光部及び前記受光部を収納する単一の光伝達部を備え、

前記光伝達部は、前記投光部の前記投光面から前記白色光を投光し、前記受光部の前記受光面により前記反射干渉光を受光する請求項１または２記載の測定装置。

[請求項4] 前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度が１～３度であり、かつ前記受光面と前記厚膜透明媒体の表面との間の距離が２～３ｍｍである請求項３記載の測定装置。

[請求項5] 前記白色光を投光する前記投光部を有する投光用光伝達部と、前記反射干渉光を受光する前記受光部を有する受光用光伝達部とをそれぞれ別に備える請求項１または２記載の測定装置。

[請求項6] 前記厚膜透明媒体の表面の垂線と前記受光面の中心軸との間の角度

が５～１０度であり、かつ前記受光面と前記厚膜透明媒体の表面との間の距離が１～１０ｍｍである請求項５記載の測定装置。

[請求項7] 前記測定部は、前記分光部による検出結果から算出された反射率、及び所定の数式によって算出された理論反射率を用いて前記サンプルの膜厚を測定する請求項１～６の何れか一項に記載の測定装置。

[請求項8] 前記測定部は、該測定装置において、反射率のボトムを有する背面反射板を透明厚膜媒体の下に設置し、微小な膜厚において光干渉ボトムを光学的に発生させる請求項１～７の何れか一項に記載の測定装置。

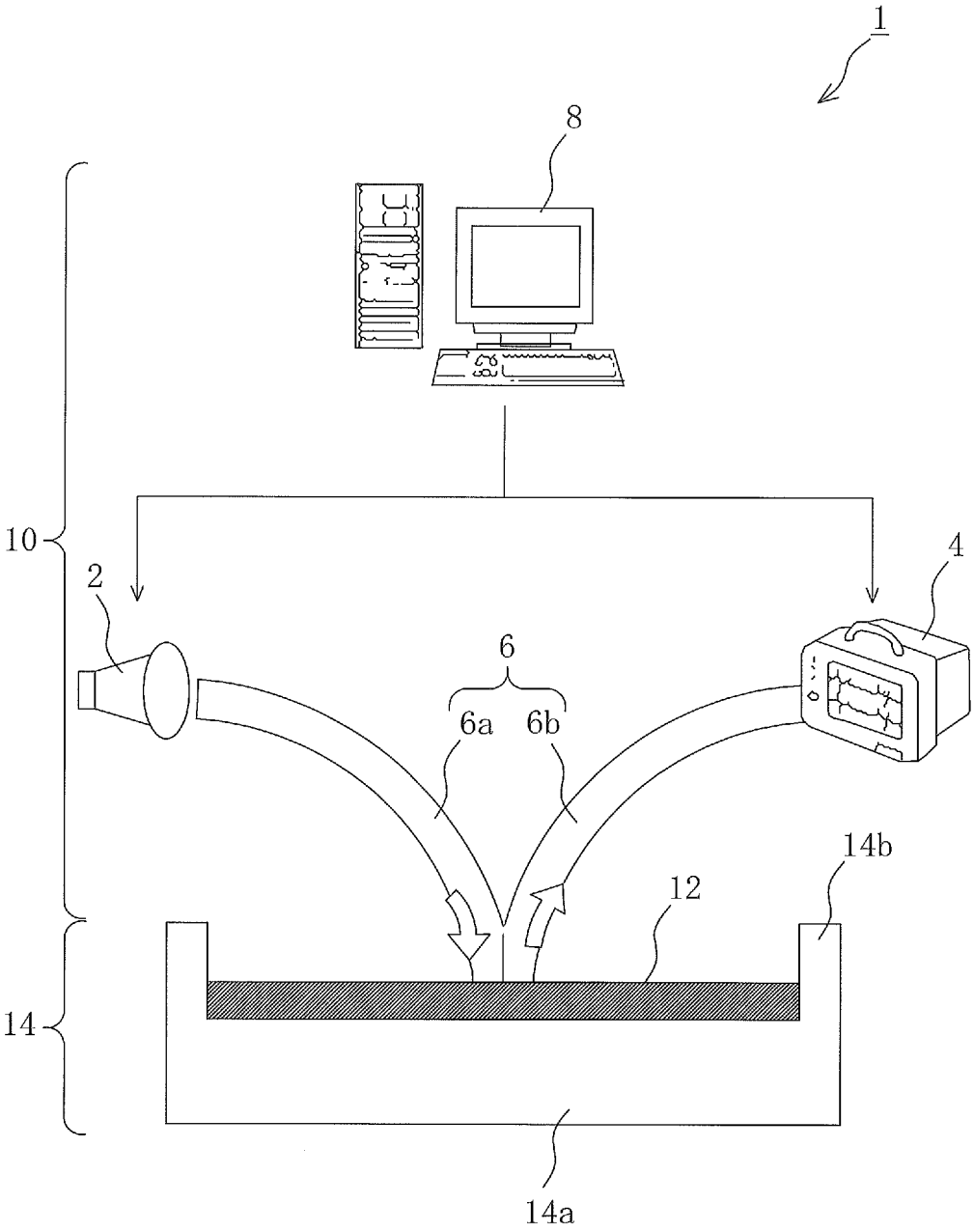
[請求項9] 前記測定部は、前記干渉波形の傾き、前記干渉波形のボトムの位置、及び前記干渉波形のボトムピークの数を用いて前記サンプルの膜厚を測定する請求項１～７の何れか一項に記載の測定装置。

[請求項10] 前記厚膜透明媒体は、０．５～５．０ｍｍの厚さを有し、前記サンプルは、１ｎｍ～１００μｍの厚さを有する請求項１～９の何れか一項に記載の測定装置。

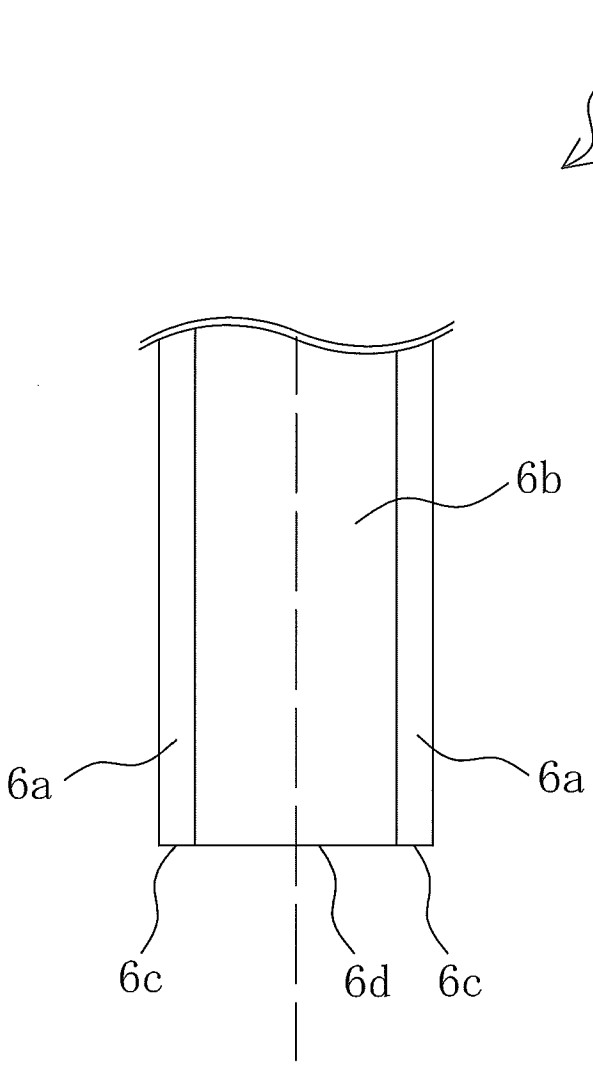
[請求項11] 前記厚膜透明媒体は、再生医療分野において使用されるポリマー材料またはガラスを用いたシャーレである請求項１～１０の何れか一項に記載の測定装置。

[請求項12] 前記測定部は、大気中及び水中の少なくとも一方において、前記サンプルの膜厚または膜厚の変化を測定する請求項１～１１の何れか一項に記載の測定装置。

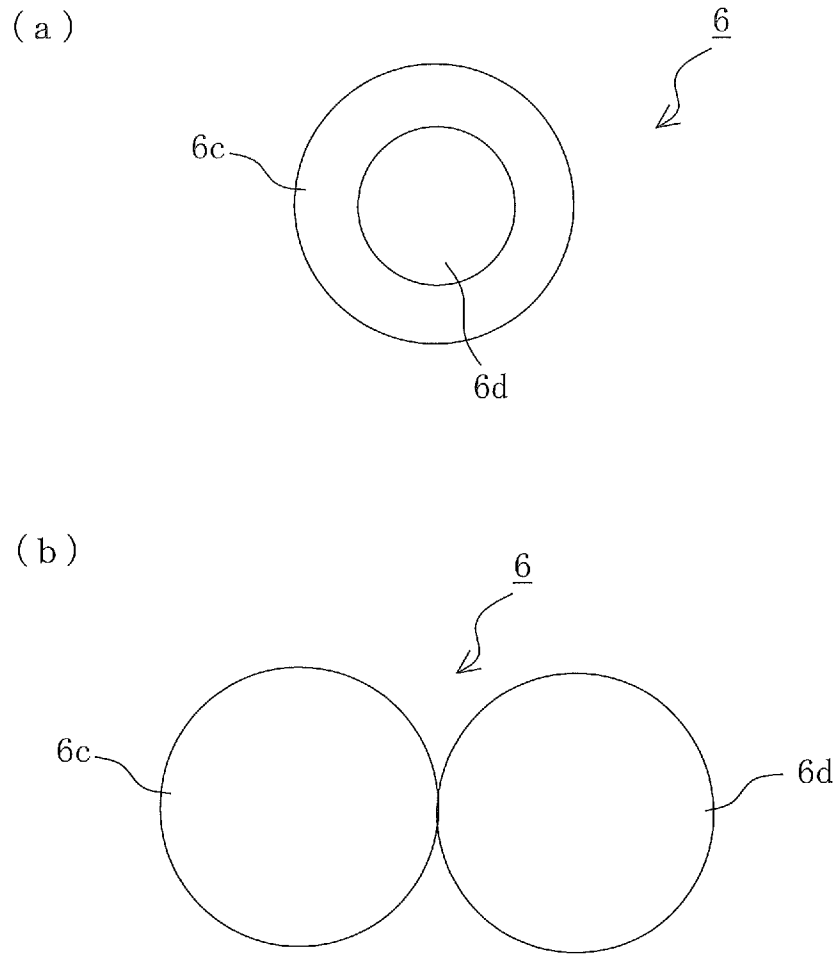
[図1]



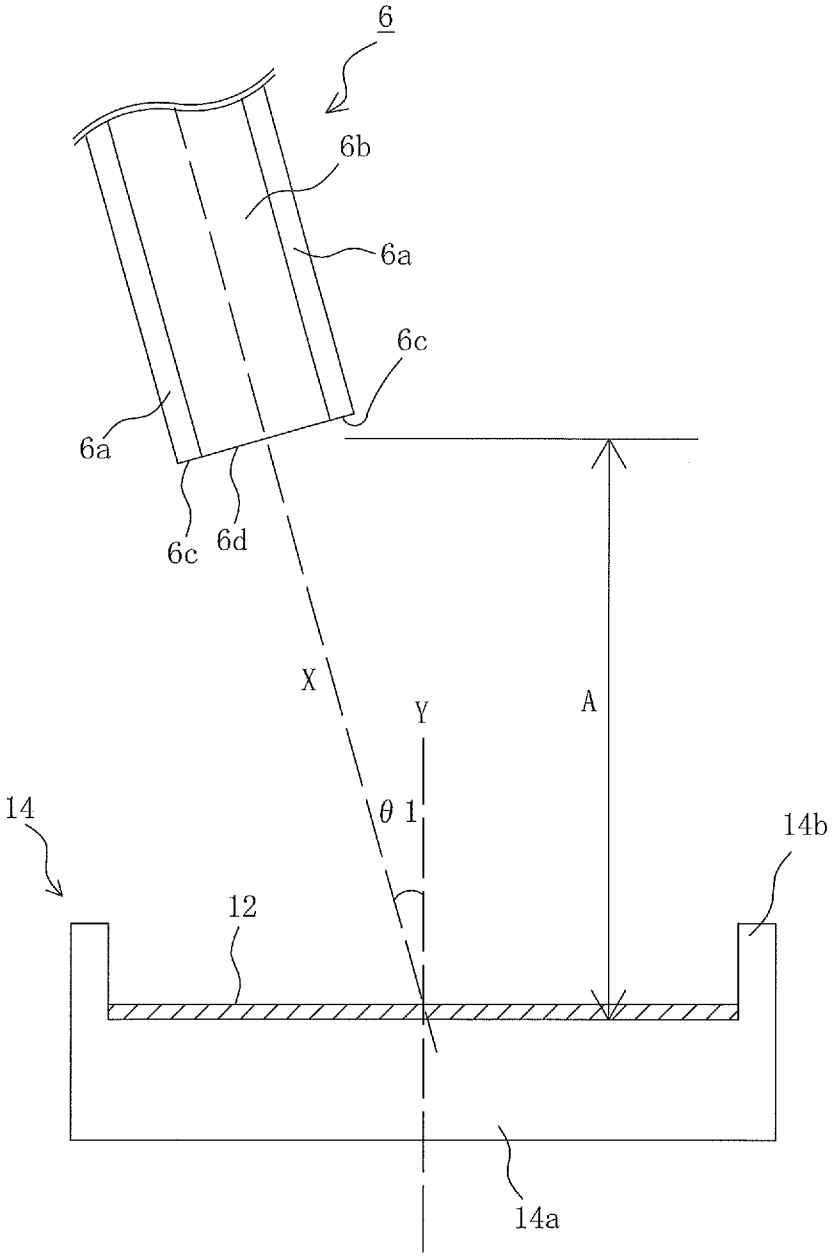
[図2]



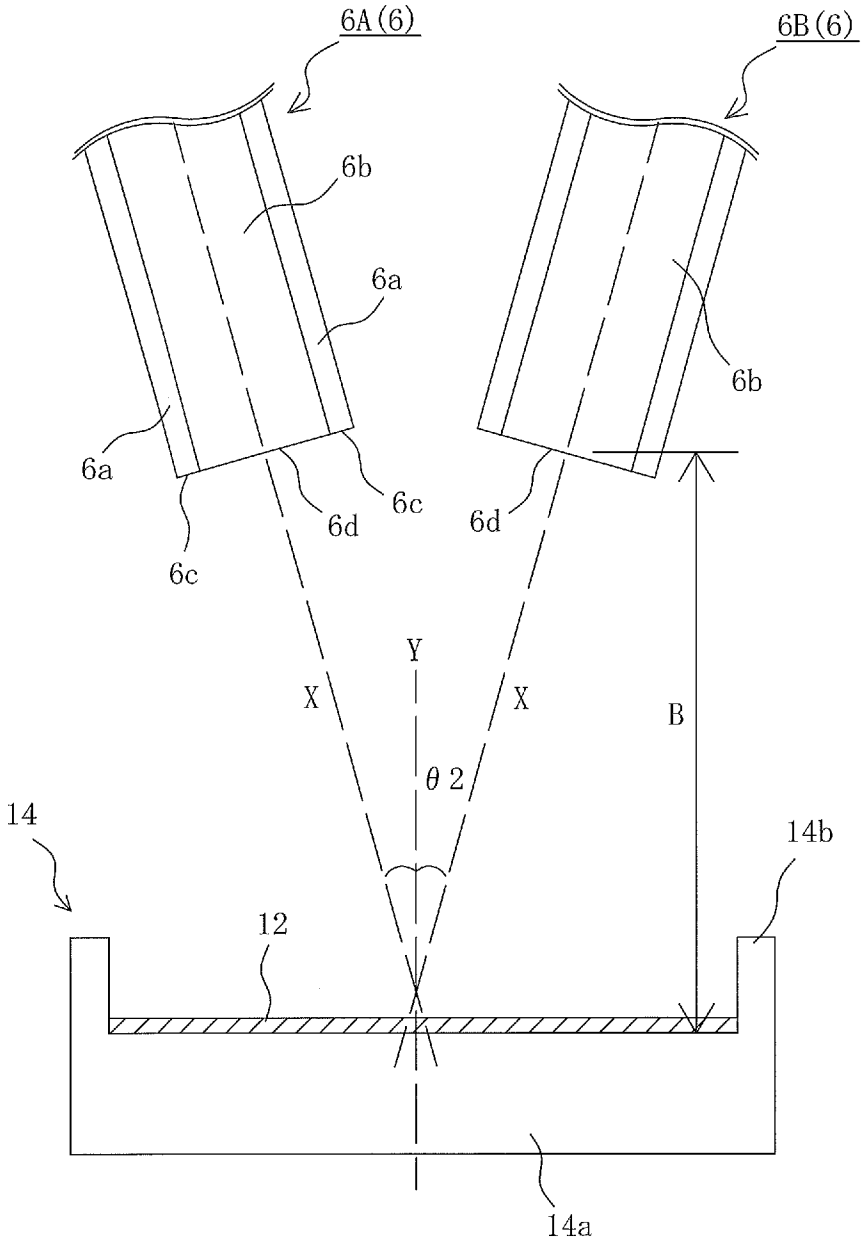
[図3]



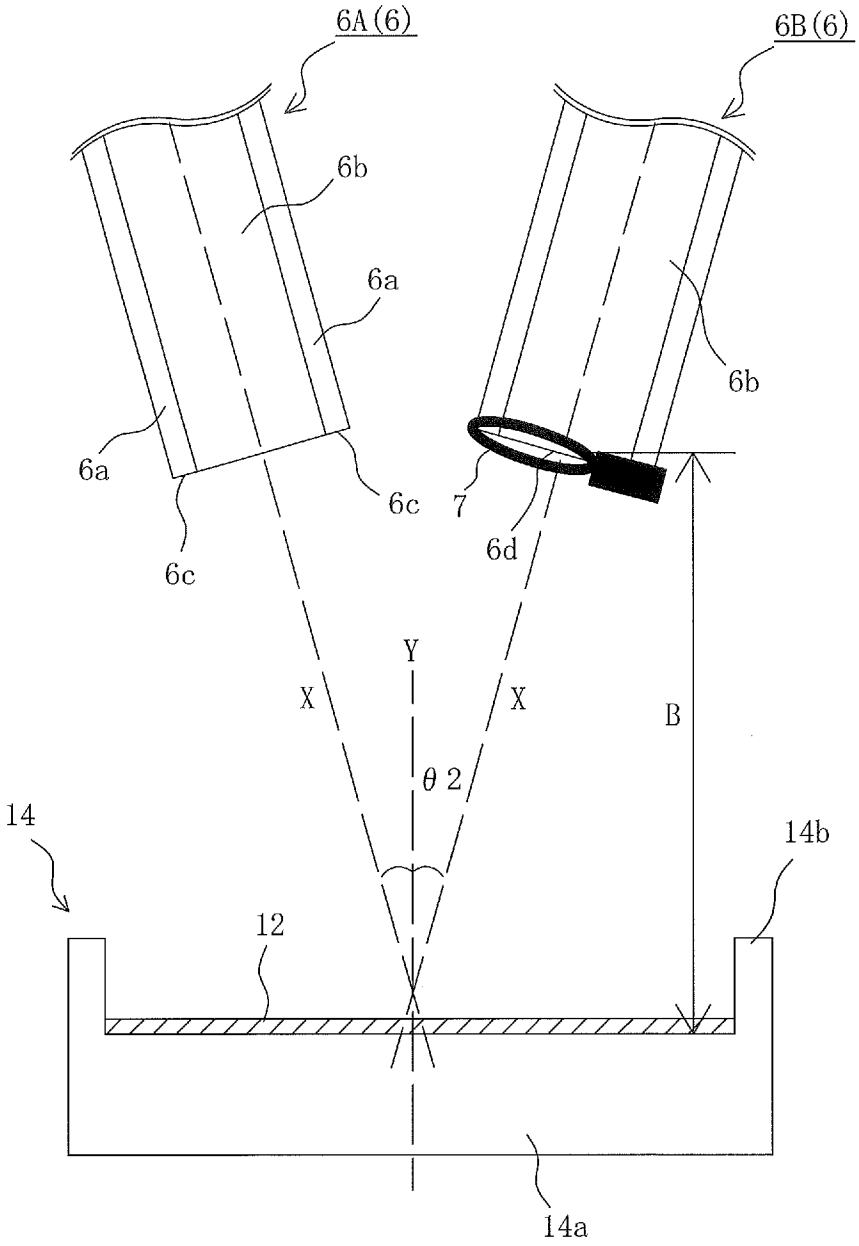
[図4]



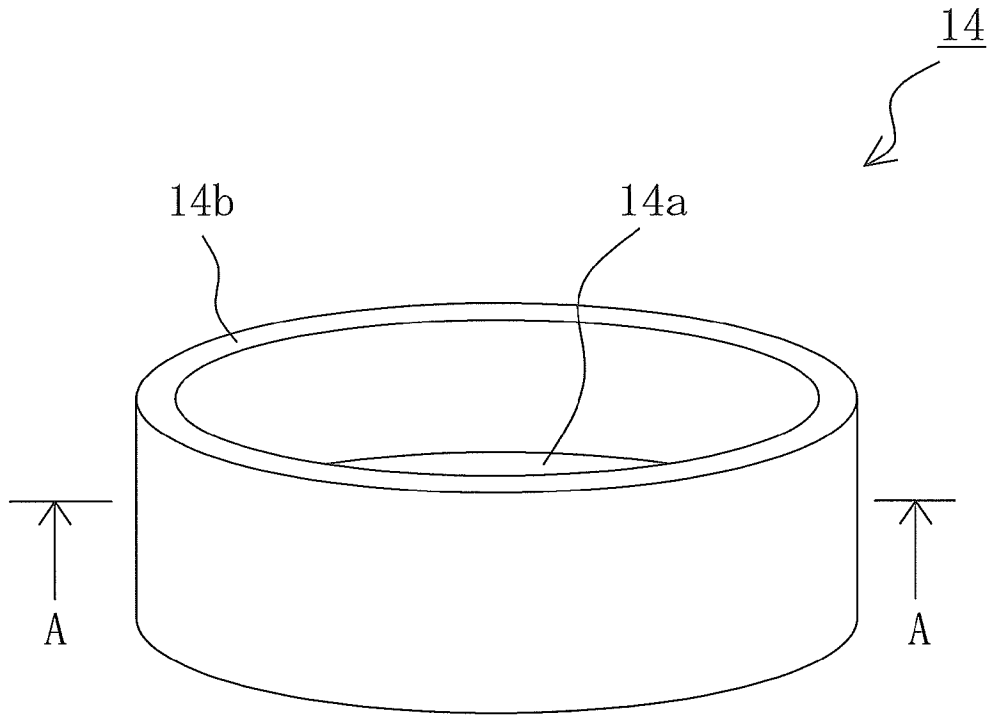
[図5A]

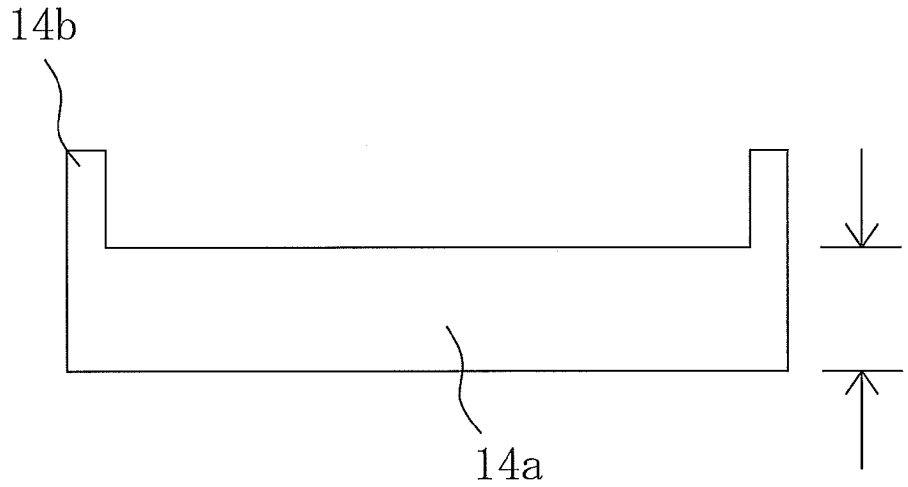


[図5B]

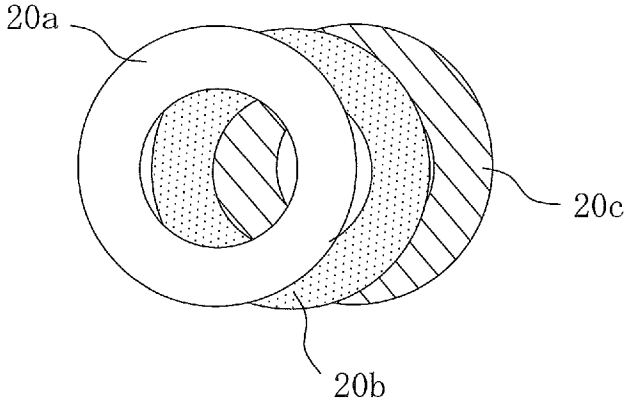


[図6]

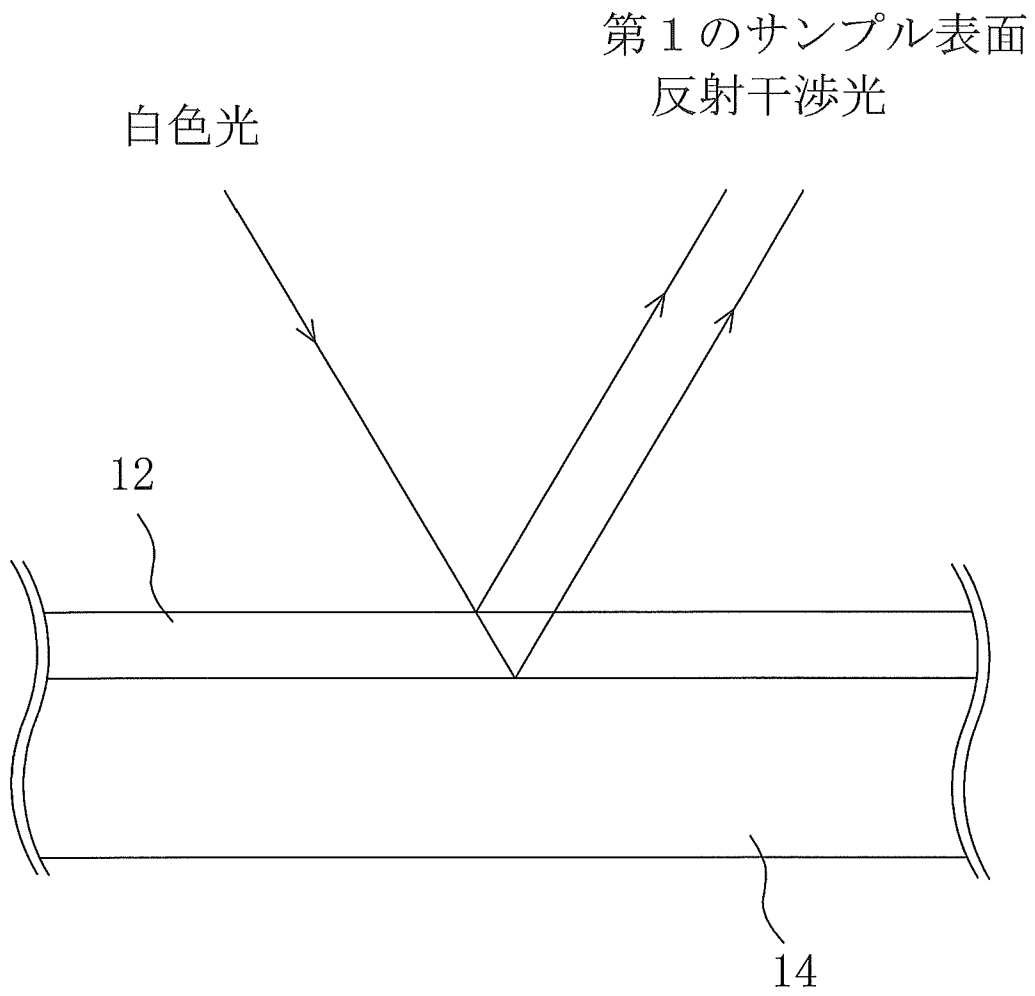




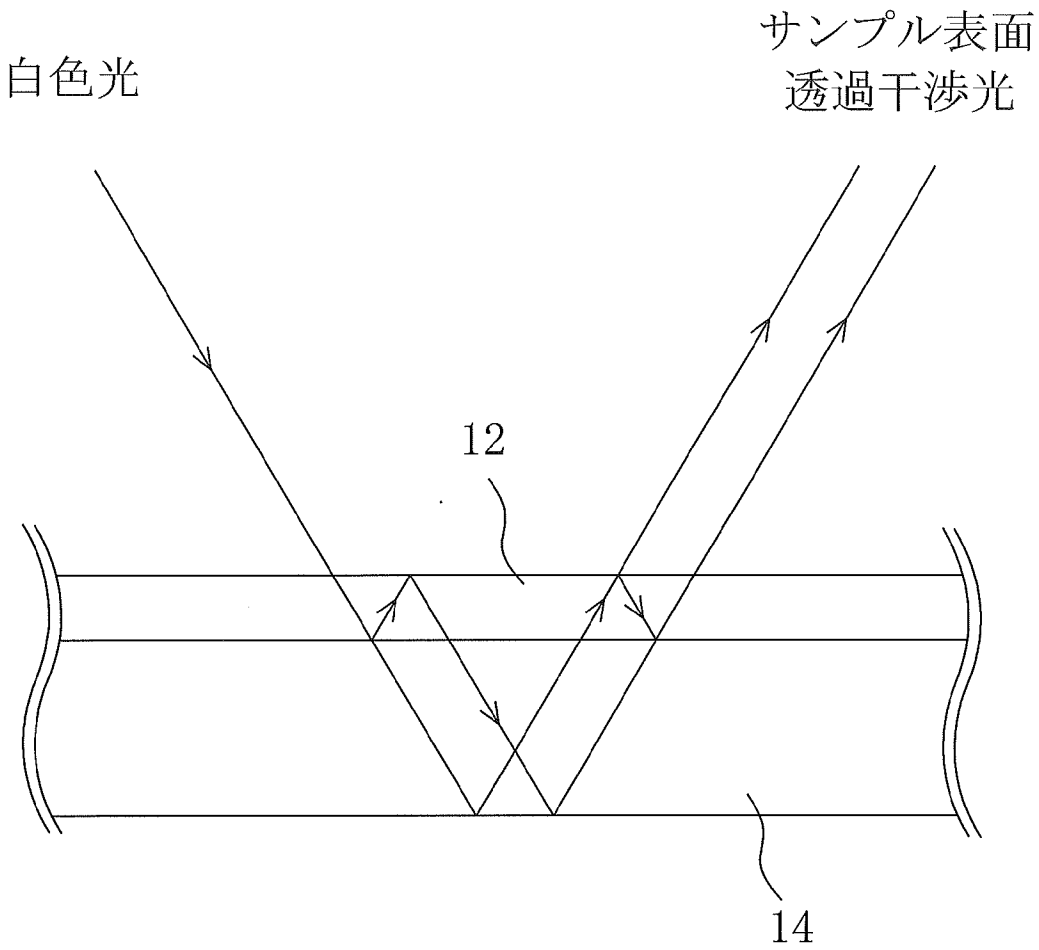
[図7]



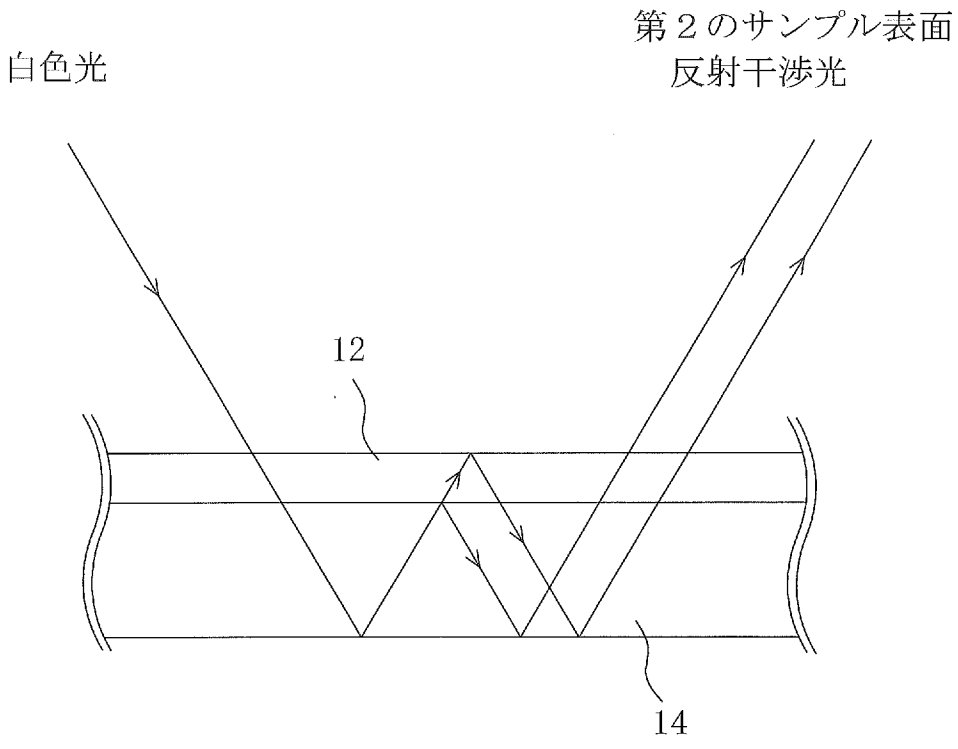
[図8]



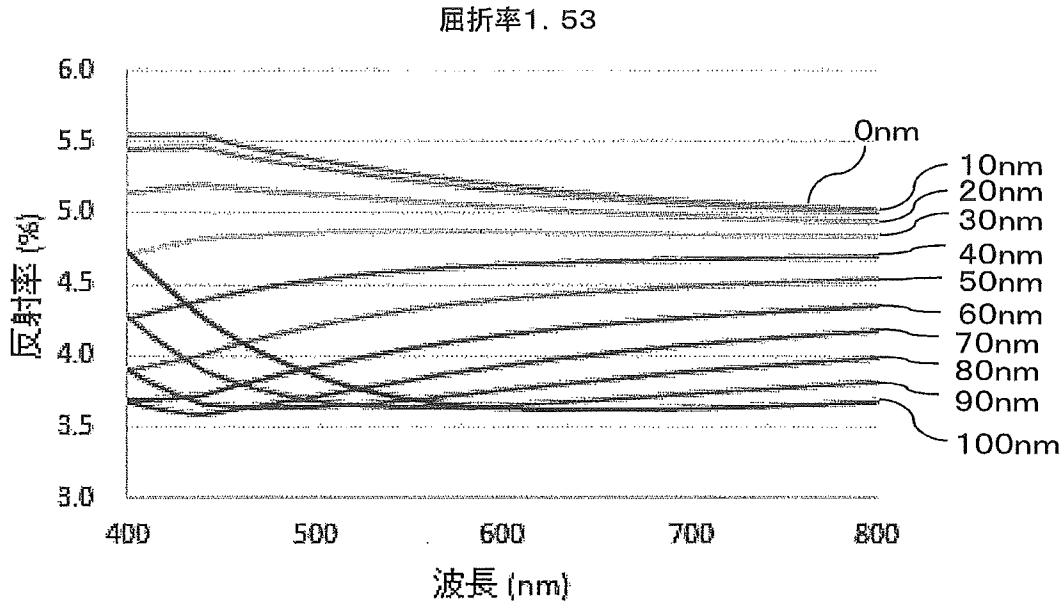
[図9]



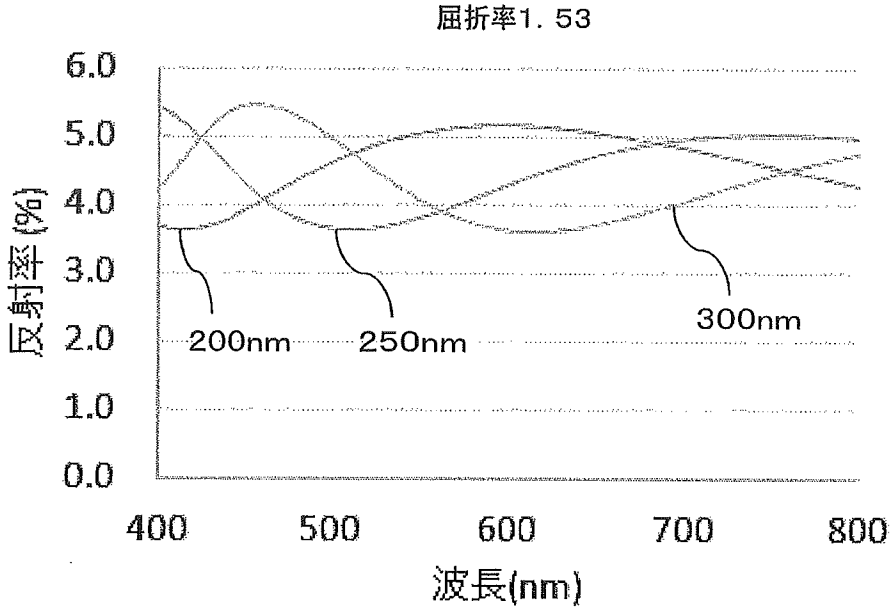
[図10]



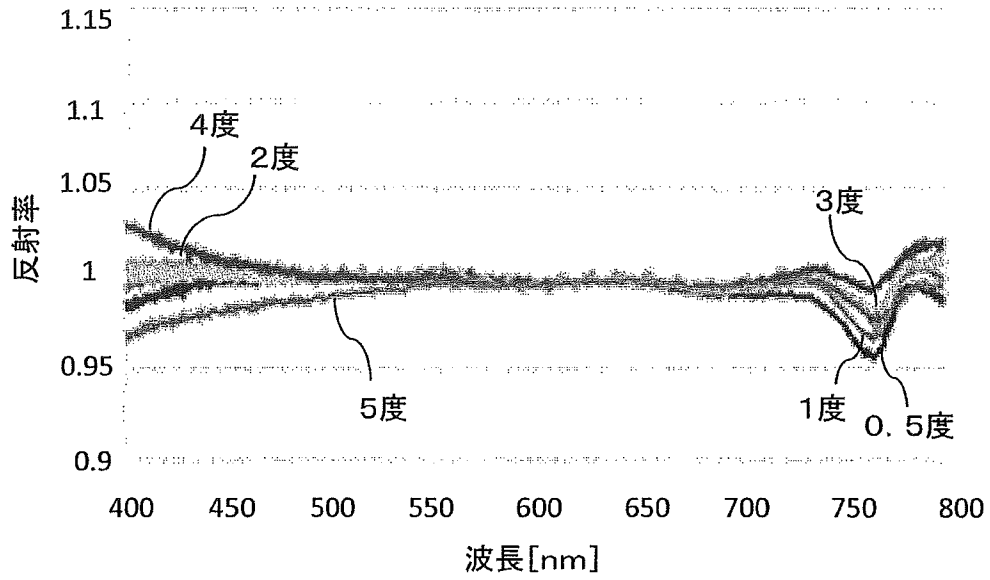
[図11]


屈折率1．53
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
3.5
3.0
反射率 (%)
400
500
600
700
800
波長 (nm)
0nm
10nm
20nm
30nm
40nm
50nm
60nm
70nm
80nm
90nm
100nm

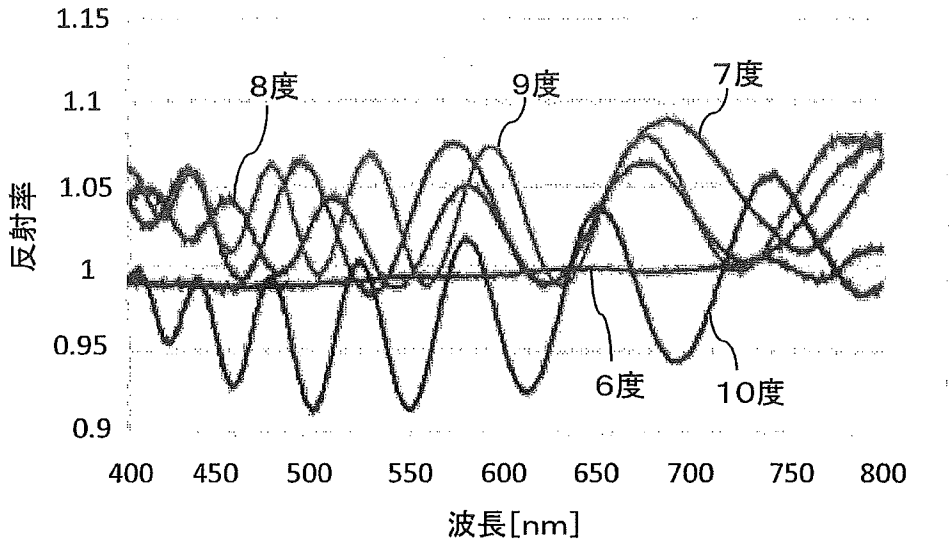
[図12]


屈折率1．53
6.0
5.0
4.0
3.0
2.0
1.0
0.0
反射率 (%)
400
500
600
700
800
波長(nm)
200nm
250nm
300nm

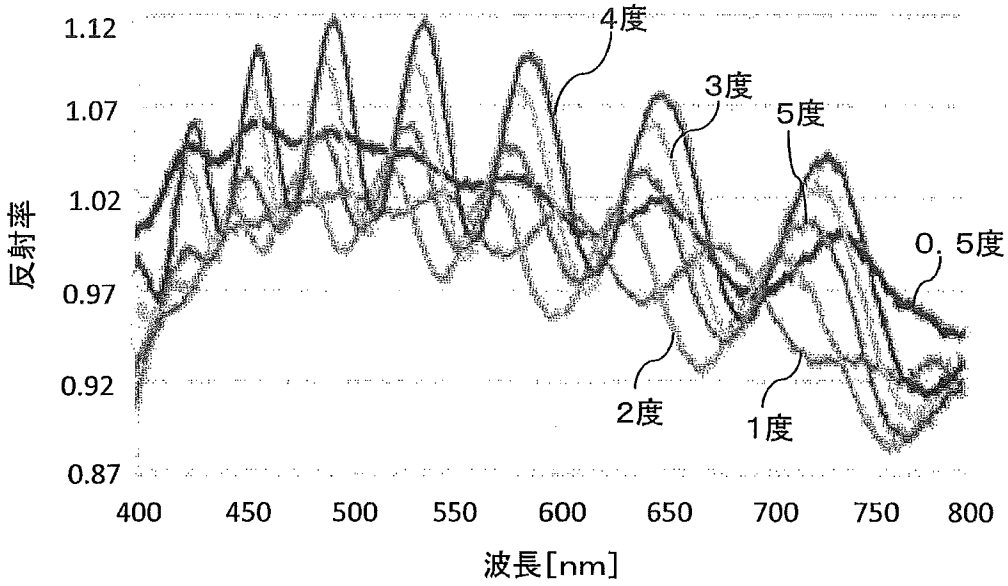
[図13]


1.15
1.1
1.05
1
0.95
0.9
反射率
4度
2度
3度
5度
1度
0.5度
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長[nm]

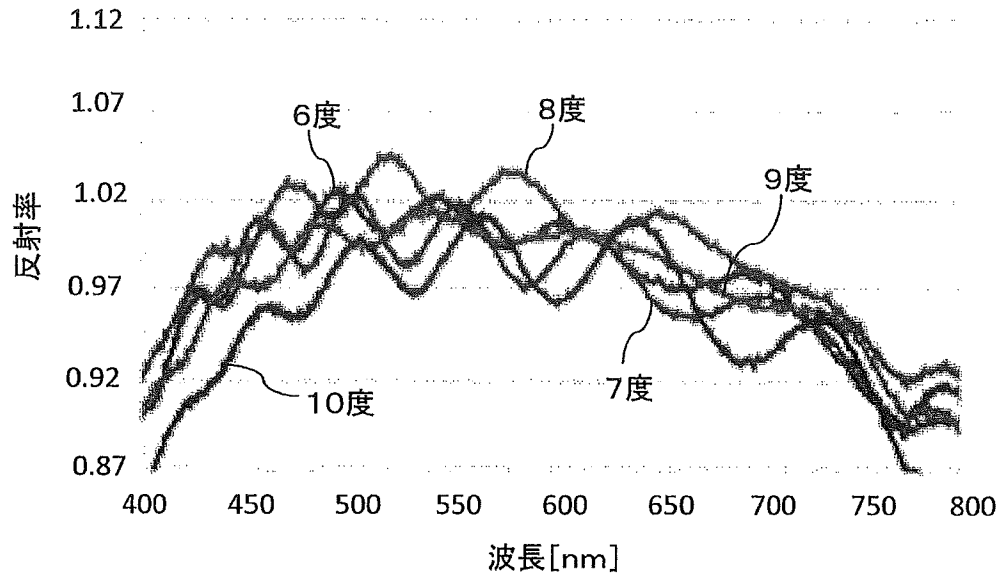
[図14]


1.15
1.1
1.05
1
0.95
0.9
反射率
8度
9度
7度
6度
10度
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長[nm]

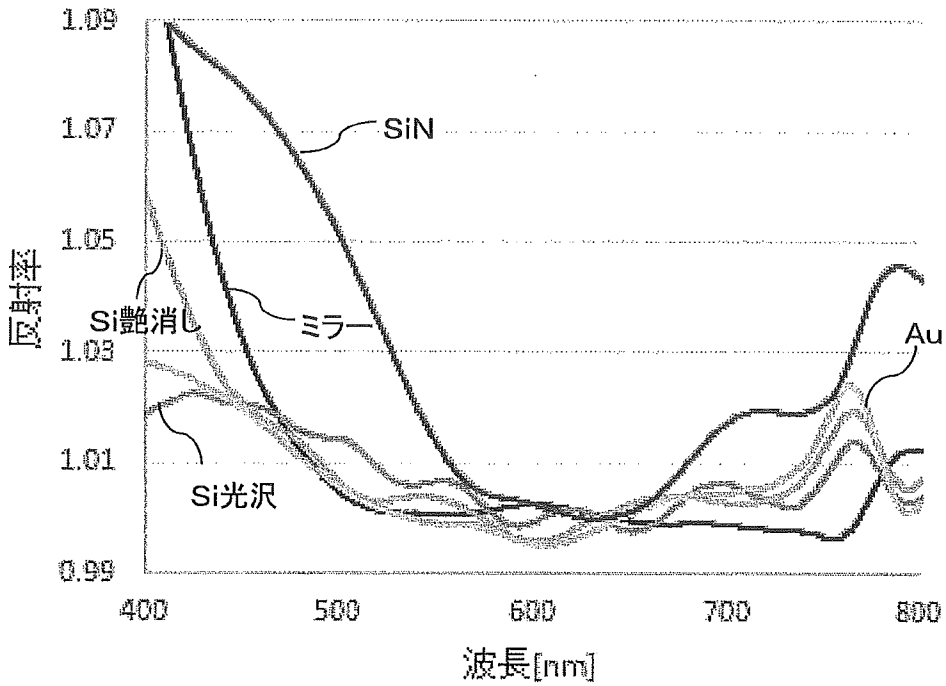
[図15]


1.12
1.07
1.02
0.97
0.92
0.87
反射率
4度
3度
5度
0.5度
2度
1度
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長[nm]

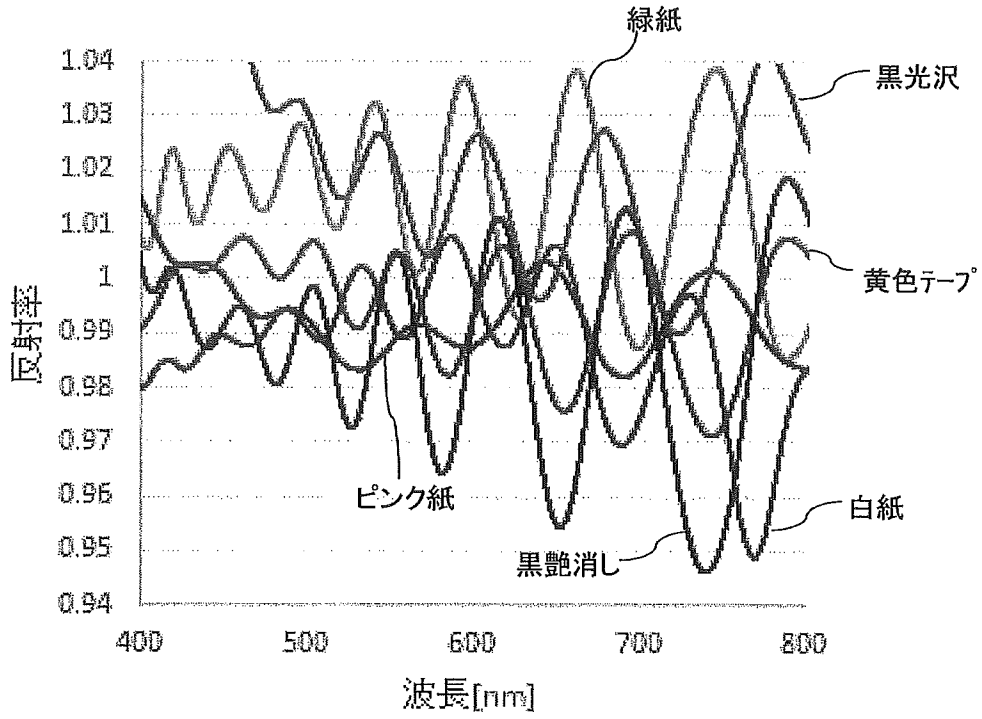
[図16]


1.12
1.07
1.02
0.97
0.92
0.87
反射率
6度
8度
9度
10度
7度
400
450
500
550
600
650
700
750
800
波長[nm]

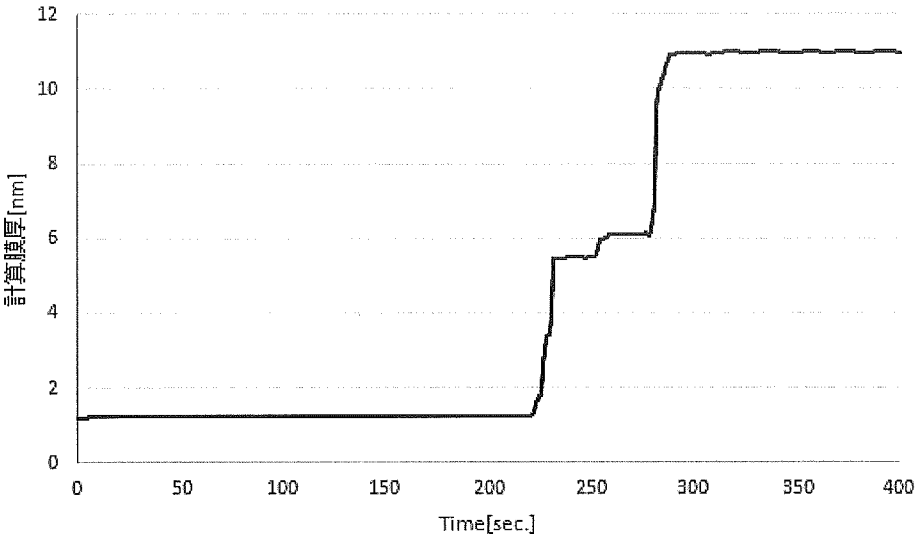
[図17]


1.09
1.07
1.05
1.03
1.01
0.99
反射率
SiN
Si艶消し
ミラー
Au
Si光沢
400
500
600
700
800
波長[nm]

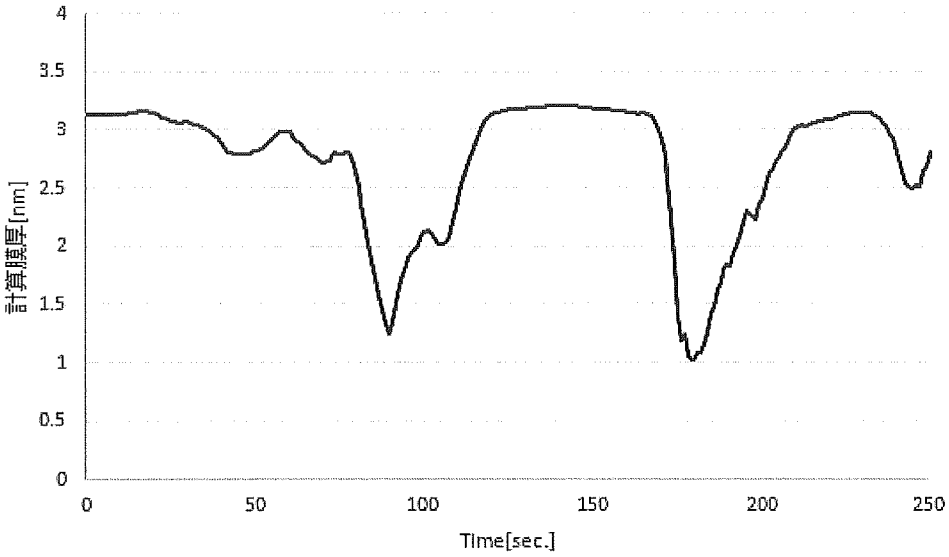
[図18]


緑紙
黒光沢
黄色テープ
ピンク紙
白紙
黒艶消し
反射率
1.04
1.03
1.02
1.01
1
0.99
0.98
0.97
0.96
0.95
0.94
400
500
600
700
800
波長[nm]

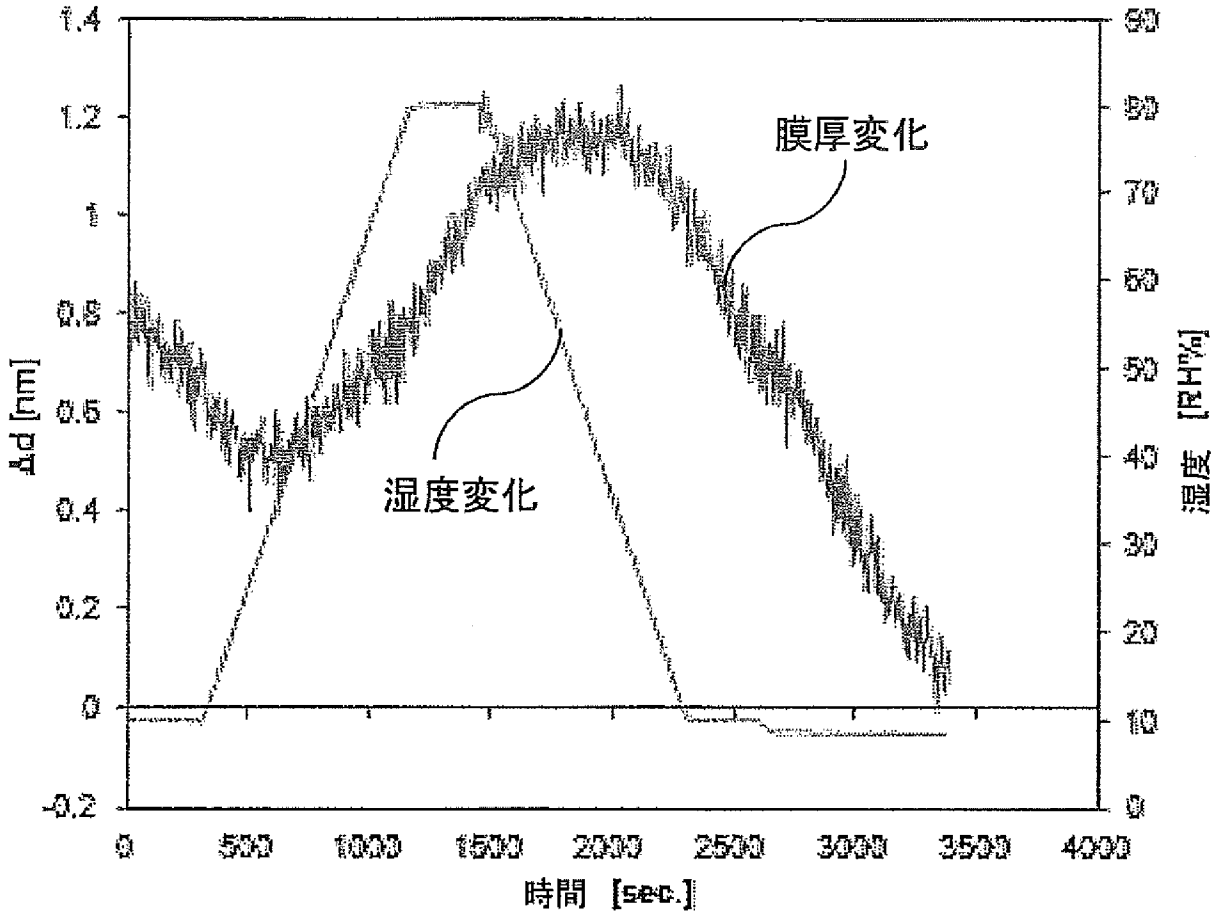
[図19]


計算膜厚[nm]
12
10
8
6
4
2
0
0
50
100
150
200
250
300
350
400
Time[sec.]

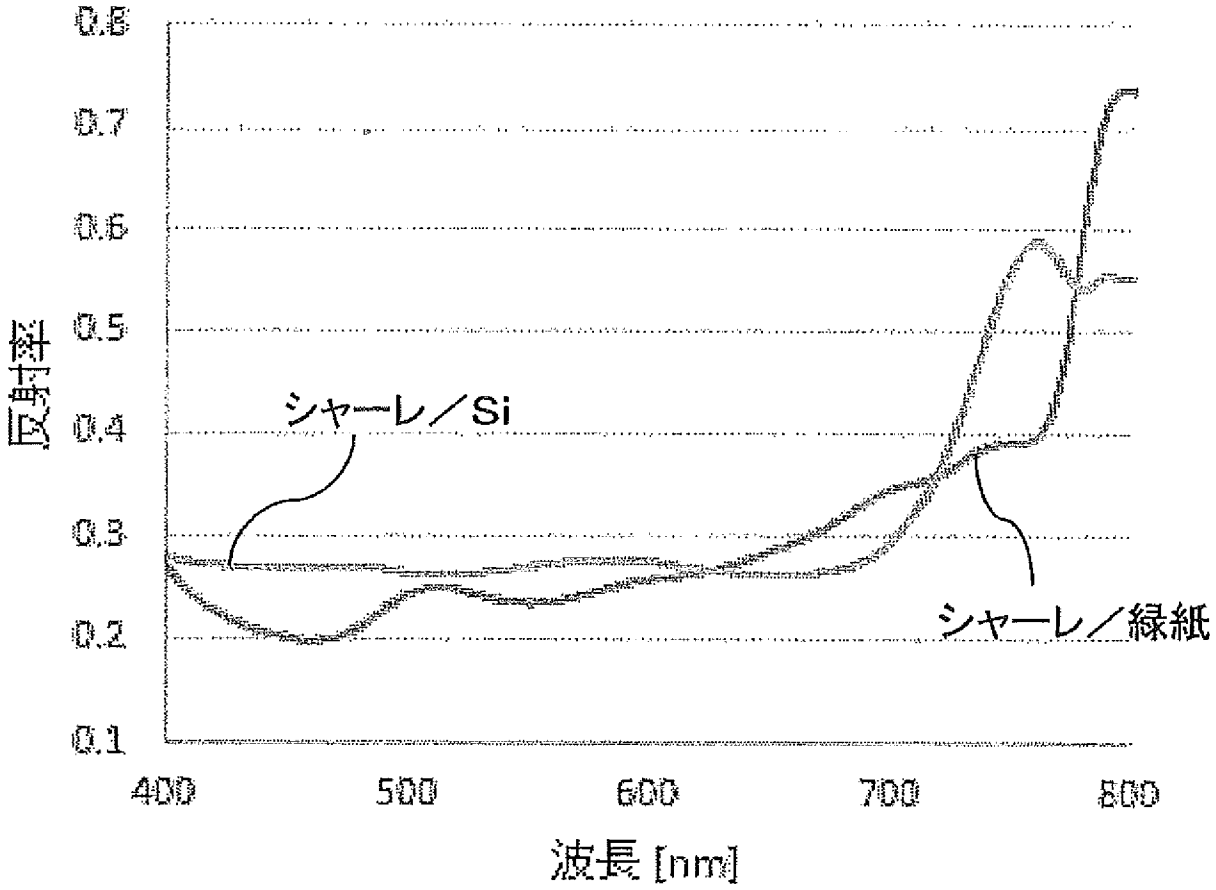
[図20]



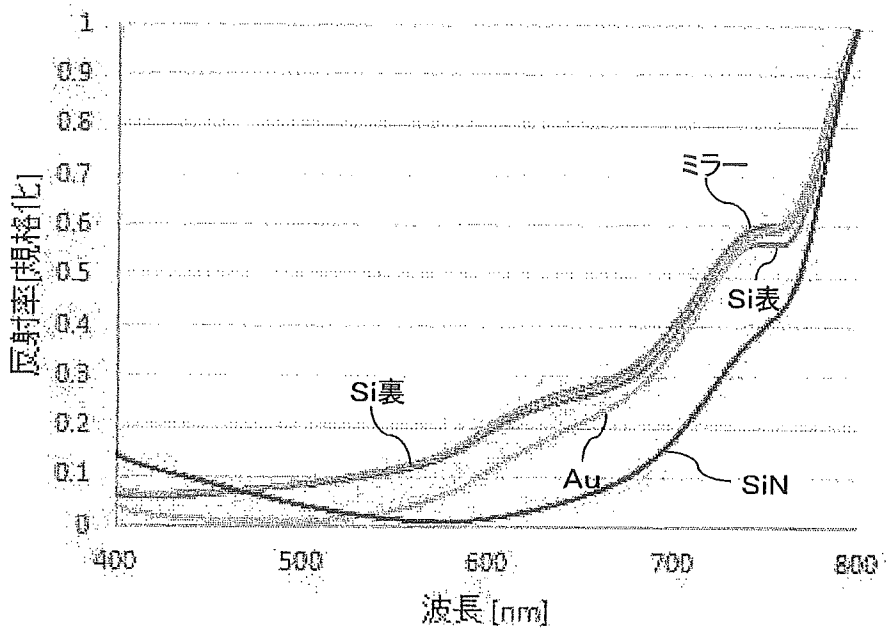
[図21]



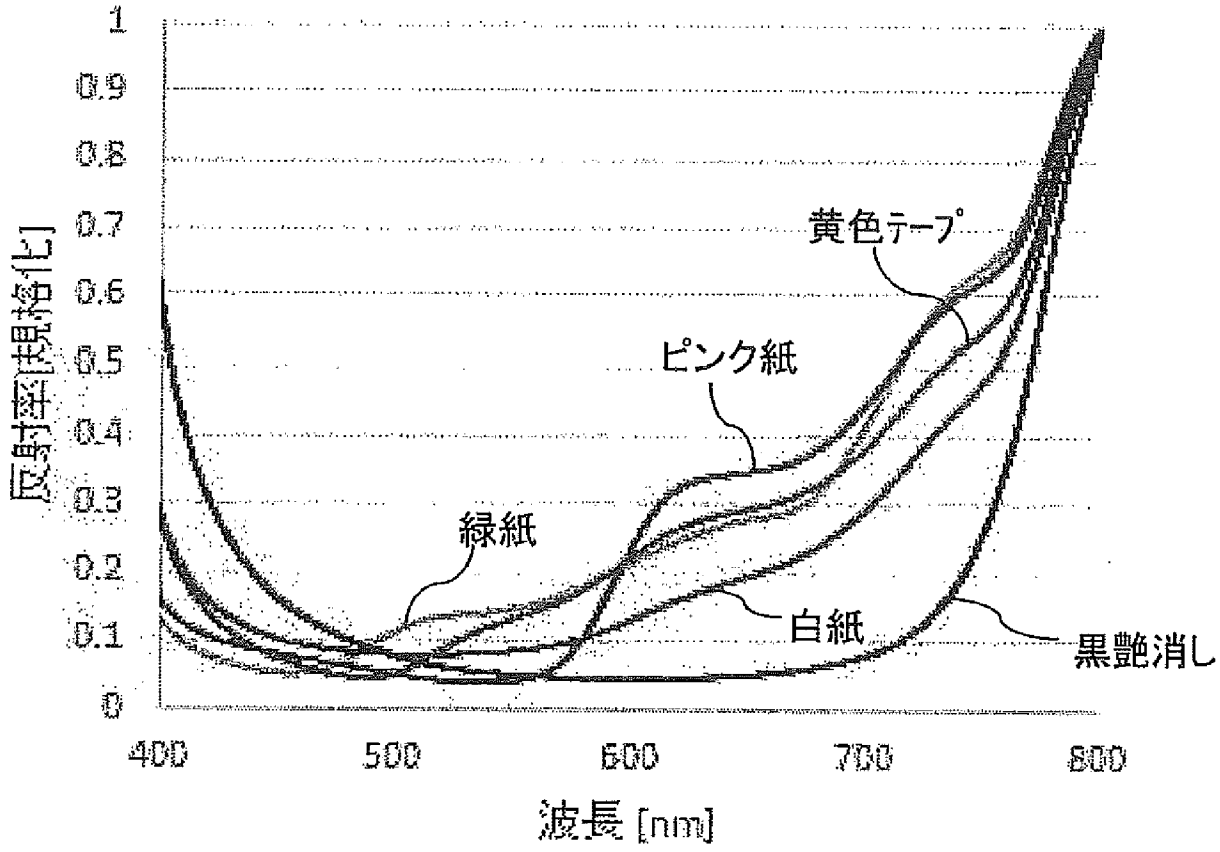
[図22]


0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
反射率
シャーレ／Si
シャーレ／緑紙
400
500
600
700
800
波長 [nm]

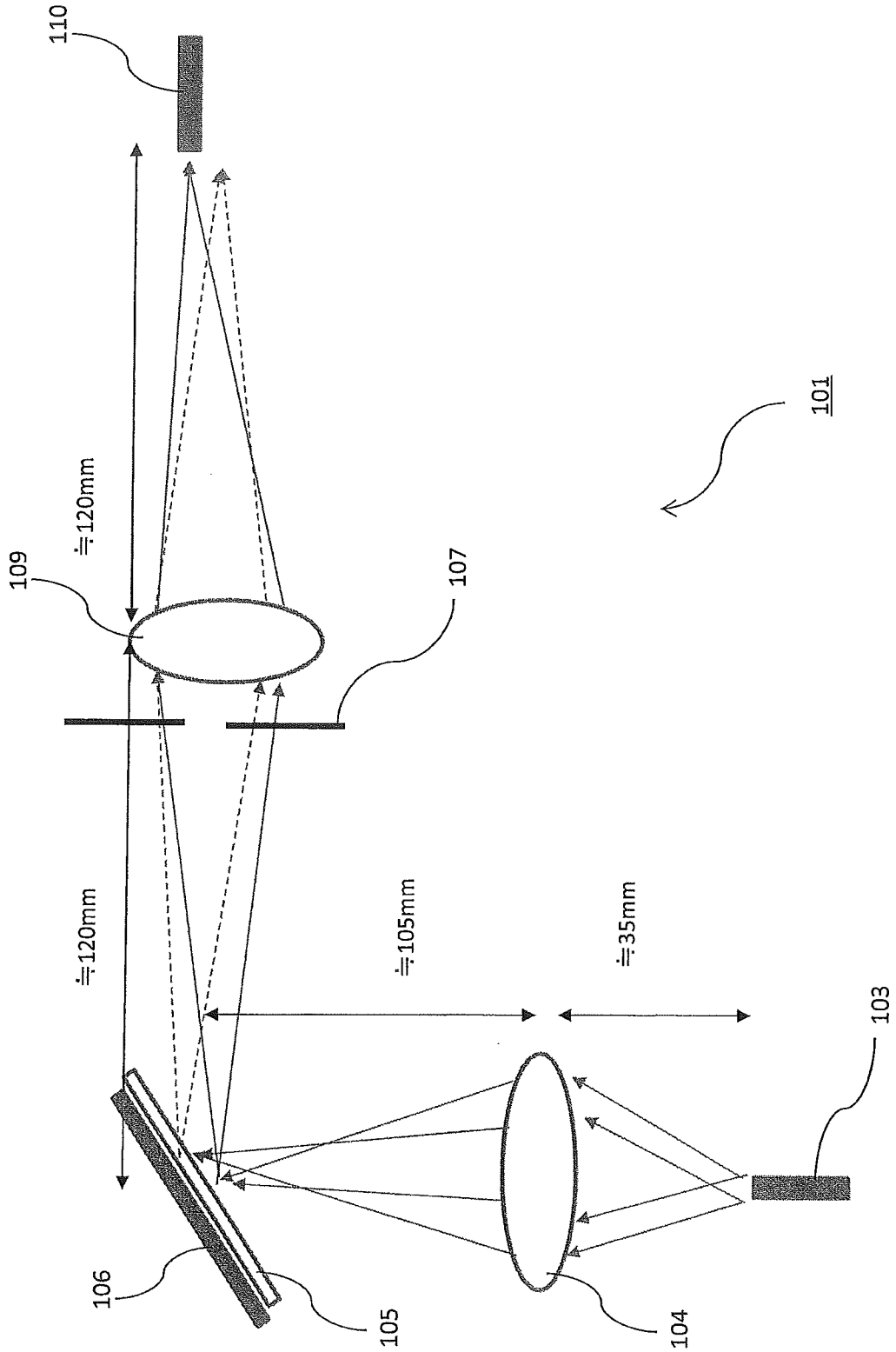
[図23]


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
反射率[規格化]
ミラー
Si表
Si裏
Au
SiN
400
500
600
700
800
波長 [nm]

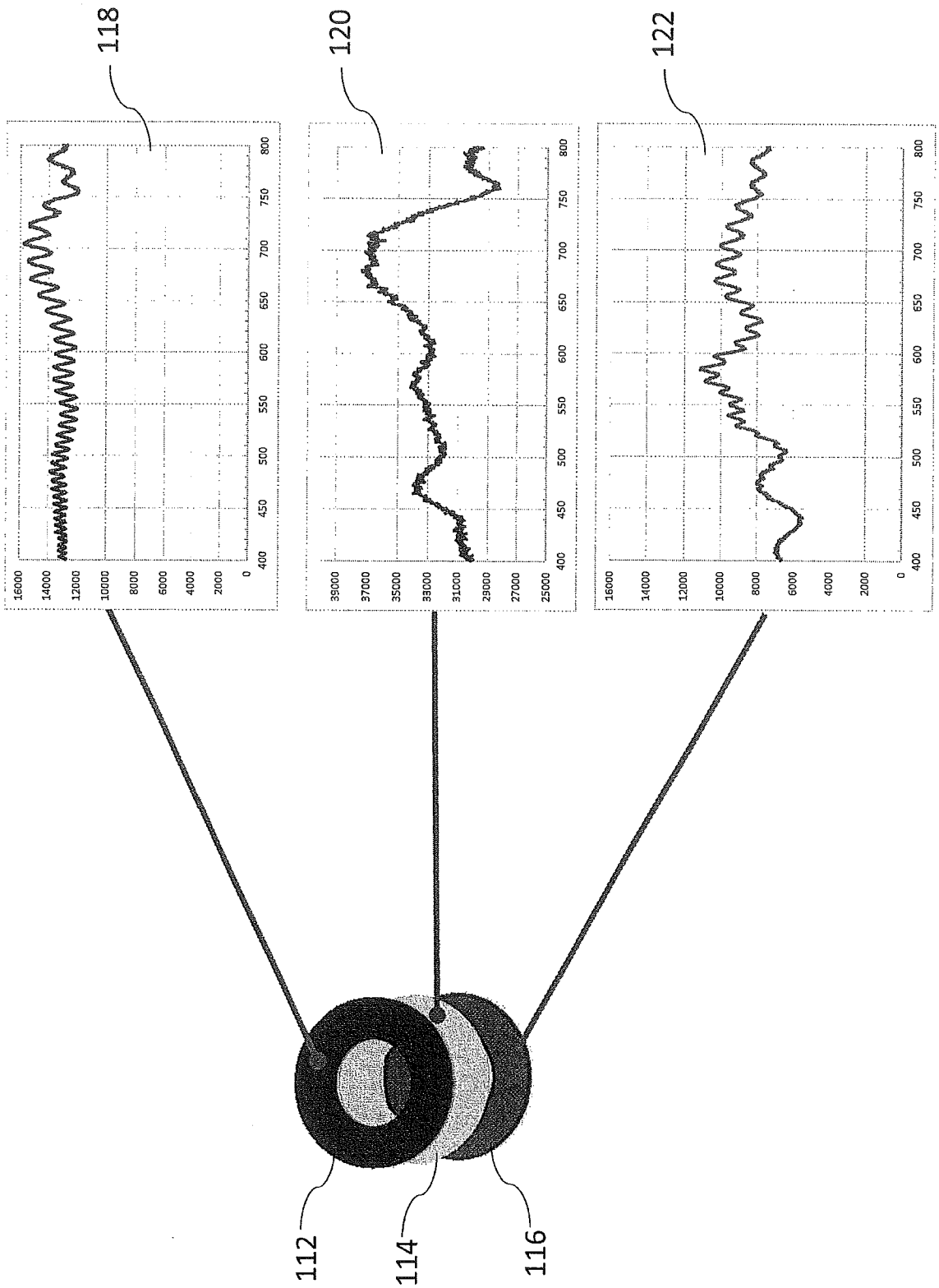
[図24]


1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
反射率[規格化]
400
500
600
700
800
波長 [nm]
黄色テープ
ピンク紙
緑紙
白紙
黒艶消し

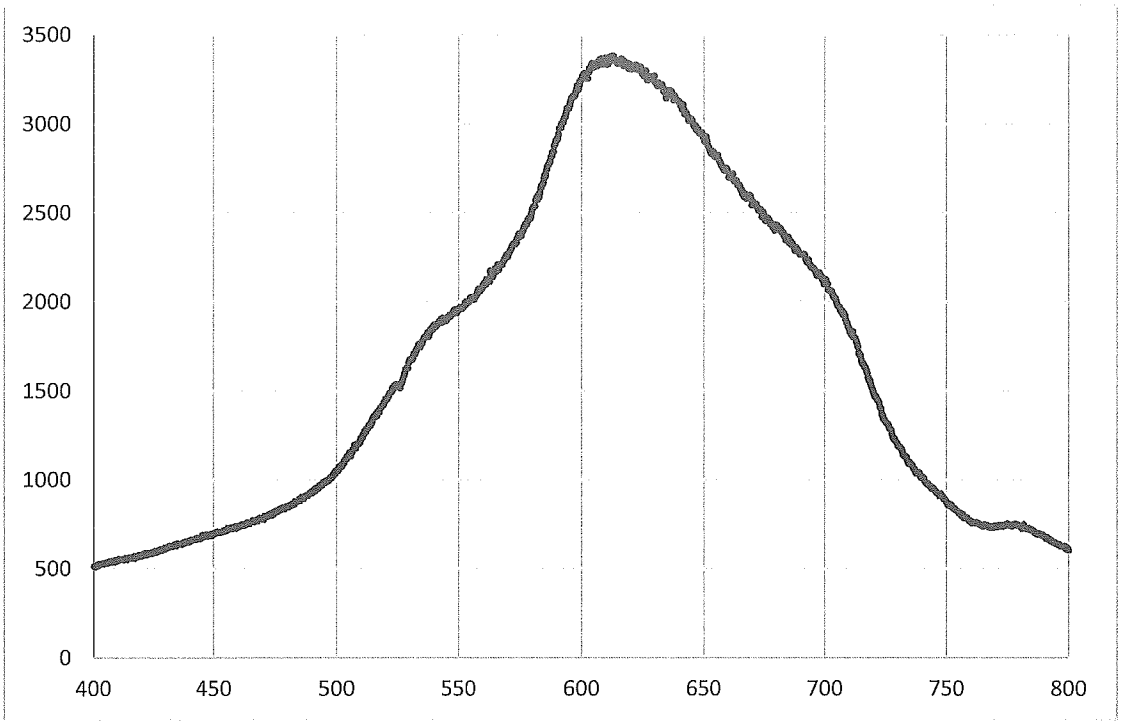
[図25]



[図26]



[図27]


3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
400
450
500
550
600
650
700
750
800

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/003600

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G01B11/06(2006.01)i, *G01N21/27*(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)
G01B11/00-11/30, G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

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 2006-284211 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 19 October 2006 (19.10.2006), paragraphs [0002], [0044] to [0056]; fig. 7 & KR 10-2006-0105669 A & CN 1841012 A & TW 200639373 A	1,2,5,7-12 3,4,6
Y A	JP 2014-106215 A (Konica Minolta, Inc.), 09 June 2014 (09.06.2014), paragraphs [0034] to [0036]; fig. 1 (Family: none)	1,2,5,7-12 3,4,6
Y A	JP 2009-198460 A (Omron Corp.), 03 September 2009 (03.09.2009), paragraphs [0028], [0035]; fig. 1 (Family: none)	1,2,5,7-12 3,4,6

☒ 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	Date of mailing of the international search report
20 April 2017 (20.04.17)	09 May 2017 (09.05.17)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/003600

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2013-540262 A (Innovia Films Sarl), 31 October 2013 (31.10.2013), paragraphs [0014], [0030] & WO 2012/032361 A1 page 3, lines 5 to 8; page 7, lines 24 to 30 & US 2013/0155421 A1	2,7,9 1,3-6,8, 10-12
Y A	JP 2015-87197 A (Lasertec Corp.), 07 May 2015 (07.05.2015), paragraph [0008] (Family: none)	7,9 1-6,8,10-12
Y A	JP 2000-258129 A (Fuji Xerox Co., Ltd.), 22 September 2000 (22.09.2000), paragraph [0034] (Family: none)	9 1-8,10-12
Y A	JP 2011-133468 A (Hoya Corp.), 07 July 2011 (07.07.2011), paragraphs [0002], [0073], [0074] & US 2011/0176104 A1 paragraphs [0006], [0138], [0139] & DE 102010062023 A1	9 1-8,10-12

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１７／００３６００

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/06(2006.01)i, G01N21/27(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G01B11/00-11/30, G01N21/00-21/01, G01N21/17-21/61

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１７年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１７年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１７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）

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 2006-284211 A（大日本スクリーン製造株式会社） 2006.10.19,　［０００２］、［００４４］－［００５６］、［図７］ & KR 10-2006-0105669 A & CN 1841012 A & TW 200639373 A	1,2,5,7-12 3,4,6
Y A	JP 2014-106215 A（コニカミノルタ株式会社） 2014.06.09,　［００３４］－［００３６］、［図１］ （ファミリーなし）	1,2,5,7-12 3,4,6

☑　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
「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
「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
「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）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「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
「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
「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
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
２０．０４．２０１７	０９．０５．２０１７

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　２Ｓ　４８４７
八木　智規
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２１６

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
Y A	JP 2009-198460 A (オムロン株式会社) 2009.09.03, ［００２８］、［００３５］、［図１］ (ファミリーなし)	1,2,5,7-12 3,4,6
Y A	JP 2013-540262 A (イノヴィア　フィルムズ　サール) 2013.10.31, ［００１４］、［００３０］ & WO 2012/032361 A1, p.3 lines 5-8, p.7 lines 24-30 & US 2013/0155421 A1	2,7,9 1,3-6,8,10-12
Y A	JP 2015-87197 A (レーザーテック株式会社) 2015.05.07, ［０００８］ (ファミリーなし)	7,9 1-6,8,10-12
Y A	JP 2000-258129 A (富士ゼロックス株式会社) 2000.09.22, ［００３４］ (ファミリーなし)	9 1-8,10-12
Y A	JP 2011-133468 A (ＨＯＹＡ株式会社) 2011.07.07, ［０００２］、［００７３］、［００７４］ & US 2011/0176104 A1, [0006], [0138], [0139] & DE 102010062023 A1	9 1-8,10-12