

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6846385号
(P6846385)

(45) 発行日 令和3年3月24日(2021.3.24)

(24) 登録日 令和3年3月3日(2021.3.3)

(51) Int.CI.

GO 1 N 21/64 (2006.01)

F 1

GO 1 N 21/64

Z

請求項の数 12 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2018-112951 (P2018-112951)
 (22) 出願日 平成30年6月13日 (2018.6.13)
 (62) 分割の表示 特願2018-517235 (P2018-517235)
 原出願日 平成29年11月22日 (2017.11.22)
 (65) 公開番号 特開2018-197753 (P2018-197753A)
 (43) 公開日 平成30年12月13日 (2018.12.13)
 審査請求日 令和2年11月17日 (2020.11.17)
 (31) 優先権主張番号 特願2017-101926 (P2017-101926)
 (32) 優先日 平成29年5月23日 (2017.5.23)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
日本国 (JP)

(73) 特許権者 000236436
 浜松ホトニクス株式会社
 静岡県浜松市東区市野町 1126番地の1
 (74) 代理人 100088155
 弁理士 長谷川 芳樹
 (74) 代理人 100113435
 弁理士 黒木 義樹
 (74) 代理人 100140442
 弁理士 柴山 健一
 (74) 代理人 100124800
 弁理士 諏澤 勇司
 (72) 発明者 細川 清正
 静岡県浜松市東区市野町 1126番地の1
 浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】配向特性測定方法、配向特性測定プログラム、及び配向特性測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、前記照射光の照射に伴って前記試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、前記検出光を検出する光検出器とを用いて、前記試料の配向パラメータを算出する方法であって、

前記試料の前記検出光の出射側の面の垂線と前記検出光学系の光軸とのなす角を変更しながら、前記光検出器を用いて前記検出光を検出させて検出信号を出力する検出ステップと、

前記検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、前記なす角がゼロ度における前記光強度で、前記なす角が所定範囲の前記光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得ステップと、

前記規格化された光強度の角度依存性分布の極大領域の光強度を特定する特定ステップと、

前記極大領域の光強度に基づいて、前記配向パラメータを算出する算出ステップと、を備える、配向特性測定方法。

【請求項 2】

所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、前記照射光の照射に伴って前記試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、前記試料の前記検出光の出射側の面の垂線と前記検出光学系の

10

20

光軸とのなす角を変更しながら、前記検出光を検出する光検出器とを含む検出装置を用いて前記検出光を検出して得られた検出信号に基づいて、前記試料の配向パラメータを算出するためのプログラムであって、

前記検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、前記なす角がゼロ度における前記光強度で、前記なす角が所定範囲の前記光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得処理と、

前記規格化された光強度の角度依存性分布の極大領域の光強度を特定する特定処理と、

前記極大領域の光強度に基づいて、前記配向パラメータを算出する算出処理と、
をコンピュータに実行させる、配向特性測定プログラム。

【請求項 3】

所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、

前記照射光の照射に伴って前記試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、

前記検出光を検出して検出信号を出力する光検出器と、

前記試料の前記検出光の出射側の面の垂線と前記検出光学系の光軸とのなす角を変更する駆動機構と、

前記なす角を変更するように前記駆動機構を制御する制御部と、

前記なす角を変更しながら得られた前記検出信号を基に前記試料の配向パラメータを算出する処理装置とを備え、

前記処理装置は、

前記検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、前記なす角がゼロ度における前記光強度で、前記なす角が所定範囲の前記光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得部と、

前記規格化された光強度の角度依存性分布の極大領域の光強度を特定する特定部と、

前記極大領域の光強度に基づいて、前記配向パラメータを算出する算出部と、

を有する、配向特性測定装置。

【請求項 4】

前記算出ステップでは、前記試料の前記所定の膜厚及び前記所定の屈折率によって決まる光強度と前記配向パラメータに関連する値との間の線形関係と、前記極大領域の光強度とに基づいて、前記配向パラメータを算出する、請求項 1 に記載の配向特性測定方法。

【請求項 5】

複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の前記線形関係の中から、前記所定の膜厚及び前記所定の屈折率に対応する線形関係を選択する選択ステップをさらに備える、請求項 4 に記載の配向特性測定方法。

【請求項 6】

ユーザによって入力された屈折率及び膜厚に関するパラメータを基に、前記線形関係を決定する決定ステップをさらに備える、請求項 4 又は 5 に記載の配向特性測定方法。

【請求項 7】

前記算出処理では、前記試料の前記所定の膜厚及び前記所定の屈折率によって決まる光強度と前記配向パラメータに関連する値との間の線形関係と、前記極大領域の光強度とに基づいて、前記配向パラメータを算出する、請求項 2 に記載の配向特性測定プログラム。

【請求項 8】

複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の前記線形関係の中から、前記所定の膜厚及び前記所定の屈折率に対応する線形関係を選択する選択処理をさらにコンピュータに実行させる、請求項 7 に記載の配向特性測定プログラム。

【請求項 9】

ユーザによって入力された屈折率及び膜厚に関するパラメータを基に、前記線形関係を決定する決定処理をさらにコンピュータに実行させる、請求項 7 又は 8 に記載の配向特性測定プログラム。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記処理装置の前記算出部は、前記試料の前記所定の膜厚及び前記所定の屈折率によって決まる光強度と前記配向パラメータに関連する値との間の線形関係と、前記極大領域の光強度とに基づいて、前記配向パラメータを算出する、請求項3に記載の配向特性測定装置。

【請求項11】

前記処理装置は、複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の前記線形関係の中から、前記所定の膜厚及び前記所定の屈折率に対応する線形関係を選択する選択部をさらに有する、請求項10に記載の配向特性測定装置。

【請求項12】

前記処理装置は、ユーザによって入力された屈折率及び膜厚に関するパラメータを基に、前記線形関係を決定する決定部をさらに有する、請求項10又は11に記載の配向特性測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、配向特性測定方法、配向特性測定プログラム、及び配向特性測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、有機EL(Electro Luminescence)材料等を利用したデバイスの高効率化のため、有機EL材料等の試料の分子配向の評価及び制御の重要性が高まってきている。従来の評価方法では、有機EL材料における分子の配向秩序に依存する蛍光スペクトルのp偏光成分の角度依存性特性に関する測定結果と、その角度依存性特性のシミュレーション結果との比較により、有機EL材料の面内分子配向秩序を表す配向パラメータが決定されている(下記非特許文献1参照。)

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0003】

【非特許文献1】 Takeshi Komino、外6名、“Electroluminescence from completely horizontally oriented dye molecules”、APPLIED PHYSICS LETTERS 108, 241 106 (2016)

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記非特許文献1に記載の配向パラメータの決定方法では、配向パラメータを決定するためには角度依存性特性に関する複雑なシミュレーション計算が必要とされている。したがって、配向パラメータを決定する際の演算時間が長くなる傾向にあった。

【0005】

実施形態は、配向特性測定方法、配向特性測定プログラム、及び配向特性測定装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の実施形態は、配向特性測定方法である。配向特性測定方法は、所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、照射光の照射に伴って試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、検出光を検出する光検出器とを用いて、試料の配向パラメータを算出する方法であって、試料の検出光の出射側の面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更しながら、光検出器を用いて検出光を検出させて検出信号を出力する検出ステップと、検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、なす角がゼロ度における光強度で、なす角が所定範囲の光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得ステップと

50

、規格化された光強度の角度依存性分布の極大領域の光強度を特定する特定ステップと、極大領域の光強度に基づいて、配向パラメータを算出する算出ステップと、を備える。

【0007】

あるいは、本発明の実施形態は、配向特性測定プログラムである。配向特性測定プログラムは、所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、照射光の照射に伴って試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、試料の検出光の出射側の面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更しながら、検出光を検出する光検出器とを含む検出装置を用いて検出光を検出して得られた検出信号に基づいて、試料の配向パラメータを算出するためのプログラムであって、検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、なす角がゼロ度における光強度で、なす角が所定範囲の光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得処理と、規格化された光強度の角度依存性分布の極大領域の光強度を特定する特定処理と、極大領域の光強度に基づいて、配向パラメータを算出する算出処理と、をコンピュータに実行させる。

【0008】

あるいは、本発明の実施形態は、配向特性測定装置である。配向特性測定装置は、所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、照射光の照射に伴って試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、検出光を検出して検出信号を出力する光検出器と、試料の検出光の出射側の面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更する駆動機構と、なす角を変更するように駆動機構を制御する制御部と、なす角を変更しながら得られた検出信号を基に試料の配向パラメータを算出する処理装置とを備え、処理装置は、検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、なす角がゼロ度における光強度で、なす角が所定範囲の光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得部と、規格化された光強度の角度依存性分布の極大領域の光強度を特定する特定部と、極大領域の光強度に基づいて、配向パラメータを算出する算出部と、を有する。

【発明の効果】

【0009】

実施形態による配向特性測定方法、配向特性測定プログラム、及び配向特性測定装置によれば、効率的な演算により試料の分子配向特性を簡便に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態に係る配向特性測定システムを示す概略構成図である。

【図2】図1の配向特性測定システムの光学系の詳細構成を示す図である。

【図3】図1のコンピュータの機能構成を示すブロック図である。

【図4】図1のコンピュータを含むコンピュータシステムのハードウェア構成を示すプロック図である。

【図5】図3の検出信号取得部33によって取得される分光スペクトルデータの値の一例を示すグラフである。

【図6】図3の分布取得部34によって生成された光強度分布データの一例を示すグラフである。

【図7】従来文献の定式化によって得られた光強度分布を示すグラフである。

【図8】観測角度 θ_1 が臨界角以下の場合の式による光強度分布を示すグラフである。

【図9】観測角度 θ_1 が臨界角より大きい場合の式による光強度分布を示すグラフである。

【図10】様々な分子配向特性を有する材料層S2における発光分子の配列状態を概念的に示す図である。

【図11】分子の配向方向の角度 θ と材料層S2の厚さ方向との関係を示す図である。

【図12】分子の配向方向の角度 θ と配向パラメータSとの関係を示すグラフである。

【図13】従来手法における蛍光の光強度の角度依存性特性のシミュレーション結果を示す

10

20

30

40

50

すグラフである。

【図14】図1のコンピュータに格納された線形関係のデータの特性を示すグラフである。

【図15】本実施形態に係る配向特性測定方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、添付図面を参照して、配向特性測定方法、配向特性測定プログラム、及び配向特性測定装置の実施形態について詳細に説明する。なお、説明において、同一要素又は同一機能を有する要素には、同一符号を用いることとし、重複する説明は省略する。

(配向特性測定システムの全体構成)

10

【0012】

図1は、一実施形態に係る配向特性測定装置および検出装置である配向特性測定システムを示す概略構成図である。図1に示す配向特性測定システム1は、有機EL材料等の有機材料の分子配向特性を測定するシステムであり、光源3、照射光学系5、シリンドリカルレンズ7、回転機構(駆動機構)9、検出光学系11、光検出器13、コンピュータ15、出力装置17、及び入力装置19を備えている。なお、測定対象である試料SUは、ガラス、石英、樹脂材料等の透光性材料からなる平板状の透明性基板S1上に、分子配向の測定対象である有機材料からなる材料層S2が所定の膜厚で配置されたものが好適に用いられる。透明性基板S1の厚さは特定の厚さに限定されないが、例えば、0.7mm~1mm程度であり、材料層S2の膜厚は、例えば、数nmであり、材料層S2は透明性基板S1上に蒸着あるいは塗布によって形成される。

20

【0013】

光源3は、材料層S2の有機材料を励起するための試料SUに向けて所定の波長成分の励起光(照射光)を照射する装置である。光源3としては、レーザダイオード(LED)、発光ダイオード(LED)、スーパーパルミネッセントダイオード(SLD)、ランプ光源等が用いられる。この光源3は、後述する回転機構9の外側において回転機構9と独立して固定されている。

【0014】

照射光学系5は、光源3からの励起光を試料SUに向けて照射するように励起光を導光する光学系であり、照射用光ファイバ5aと、励起光集光レンズ5bとを含んで構成される。照射用光ファイバ5aは、その入力端が光源3の出力と光学的に結合されるとともにその出力端が励起光集光レンズ5bの近傍に配置され、光源3から照射された励起光を励起光集光レンズ5bに入射させる。励起光集光レンズ5bは、励起光を試料SUにおける透明性基板S1の材料層S2側の面の近傍に集光させる。詳細には、照射用光ファイバ5aと励起光集光レンズ5bとは、励起光を、試料SUの透明性基板S1の材料層S2側の面の垂線に沿ってその面の中心部に照射させるように配置されている。

30

【0015】

シリンドリカルレンズ7は、略半円柱状のレンズであり、曲面の反対側の平坦面が試料SUを配置するための配置面7aとなっている。すなわち、シリンドリカルレンズ7においては、試料SUの透明性基板S1側の面と配置面7aとをオプティカルグリスを用いてオプティカルマッチングされた状態で配置面7a上に試料SUが固定されている。このような固定形態により、透明性基板S1とシリンドリカルレンズ7との間では光の屈折または反射が生じなくなり、材料層S2内部で生じた蛍光は、材料層S2と空気との間、材料層S2と透明性基板S1との間でのみ屈折または反射する。このシリンドリカルレンズ7は、試料SUを励起光の照射方向(すなわち、励起光集光レンズ5bの出力側)に向けるように配置され、励起光の照射に伴い試料SUから発せられた蛍光(検出光)を透過し、透過した蛍光を検出光学系11に向けて出射する。

40

【0016】

検出光学系11は、励起光の照射に伴って試料SUから発せられる蛍光を光検出器13に導光する光学系であり、光学ユニット11aと検出用光ファイバ11bとを含んで構成

50

される。光学ユニット 11 a は、試料 S U から発せられてシリンドリカルレンズ 7 を通過した励起光を受けて、その励起光から P 偏光成分を抽出するとともに抽出した P 偏光成分を検出用光ファイバ 11 b の入力端に集光させる。この光学ユニット 11 a は、その光軸が試料 S U における励起光の照射位置に略一致するように配置される。検出用光ファイバ 11 b は、その入力端が光学ユニット 11 a に近接して配置されるとともにその出力端が光検出器 13 の入力と光学的に結合され、光学ユニット 11 a から出射された蛍光を光検出器 13 に入射させる。これらの検出光学系 11 は、回転機構 9 の外側において回転機構 9 と独立して固定されている。

【0017】

回転機構 9 は、照射光学系 5 の一部と試料 S U が配置されたシリンドリカルレンズ 7 を回転可能に支持する。詳細には、回転機構 9 は、円形の平坦な配置面 9 a を有し、この配置面 9 a の中心 C 1 を回転中心として配置面 9 a に沿って回転可能に構成されている。この回転機構 9 は、後述するコンピュータ 15 からの制御によって回転角度、回転速度、回転動作のオン／オフ等の回転運転状態を制御可能とされている。そして、回転機構 9 は、シリンドリカルレンズ 7 を、試料 S U の透明性基板 S 1 の材料層 S 2 側の面が、配置面 9 a の中心 C 1 の近傍に位置し、かつ配置面 9 a に略垂直となるように支持する。また、回転機構 9 は、照射用光ファイバ 5 a の出力端と励起光集光レンズ 5 b とを、励起光集光レンズ 5 b の出力する励起光の光軸 L 1 が、材料層 S 2 の透明性基板 S 1 側（蛍光出射側）の面の垂線に沿うように支持する。ここで、検出光学系 11 は、回転機構 9 に対して、光学ユニット 11 a に入射する蛍光の光軸 L 2 が配置面 9 a の中心 C 1 の近傍を通るように配置されている。このような構成により、回転機構 9 は、光検出器 13 によって検出される蛍光の光軸 L 2 と、試料 S U に照射させる励起光の光軸 L 1（材料層 S 2 の蛍光出射側の面の垂線）とのなす角 θ を変更可能にする。より具体的には、回転機構 9 は、なす角 θ を少なくとも 0 度～90 度の範囲で変更可能に構成されている。なお、光軸 L 1 と光軸 L 2 とは配置面 9 a の中心 C 1 で交わっているのが蛍光の効率的な検出の点で望ましいが、必ずしも配置面 9 a の中心 C 1 で交わっている必要はなく、なす角が 0 度～90 度で変更可能であれば中心 C 1 からずれた位置で交わっていてもよい。

【0018】

光検出器 13 は、検出光学系 11 によって導光された蛍光を検出し、その蛍光の光強度を示す強度値データ（検出信号）を出力する。光検出器 13 は、例えば、分光検出器であり、蛍光を各波長成分に分光して検出し、分光スペクトルデータ（強度値データ）を出力する。その他、光検出器 13 は、アバランシェフォトダイオードなどのフォトダイオード、または光電子増倍管などの波長成分に分光することなく強度値データを検出する検出器であってもよい。

【0019】

コンピュータ 15 は、光源 3 による励起光の照射の制御、回転機構 9 の回転運転状態の制御、あるいは、検出信号を基に分子配向特性を示す配向パラメータの算出処理を実行するデータ処理装置である。コンピュータ 15 は、パーソナルコンピュータ、マイクロコンピュータ、クラウドサーバ、スマートデバイス等の演算装置であってよい。このコンピュータ 15 には、配向パラメータ等の計測結果のデータあるいは計測条件のデータを表示（出力）するためのディスプレイ、通信デバイス等の出力装置 17 と、計測条件等のデータをユーザから受け付けるためのキーボード、マウス、タッチパネル等の入力装置 19 とが電気的に接続されている。

【0020】

図 2 には、配向特性測定システム 1 の光学系の配置面 9 a に沿った方向から見た配置状態を示す。ここでは、光軸 L 1, L 2 のなす角 θ が 0 度に設定された場合を示している。図 2 に示すように、照射光学系 5 を構成する励起光集光レンズ 5 b は、照射用光ファイバ 5 a の出力端 5 c の近傍に配置された集光レンズ群によって構成される。これらの集光レンズ群の一部または全部は、励起光の焦点位置が試料 S U の位置と一致するようにその位置を調整可能な機構を含んでいる。また、検出光学系 11 の光学ユニット 11 a は、シリ

10

20

30

40

50

ンドリカルレンズ 7 側から検出用光ファイバ 11b の入力端 11c 側にかけて順に配置された偏光子 21、絞り 23、検出光集光レンズ 25、及び絞り 27 によって構成される。偏光子 21 は、試料 S U から発生した蛍光のうち P 偏光成分のみを通過させる。なお、偏光子 21 は、P 偏光成分を通過させるものには限定されず、S 偏光成分またはその他の偏光成分を通過させるものであってもよい。また、偏光子 21 は、偏光ビームスプリッタであってもよい。絞り 23 は、偏光子 21 を通過した蛍光の光束を制限して、光束が絞られた蛍光を検出光集光レンズ 25 に向けて通過させる。検出光集光レンズ 25 は、絞り 23 を通過して光束が絞られた蛍光を、検出用光ファイバ 11b の入力端 11c に入射させる。絞り 27 は、検出光集光レンズ 25 によって集光された蛍光の光束を絞って検出用光ファイバ 11b の入力端 11c に入射させる。ここで、検出光集光レンズ 25 は、その焦点位置が試料 S U の位置と一致するようにその位置を調整可能な機構を含んでいる。
10

(コンピュータシステムの構成)

【0021】

次に、出力装置 17 及び入力装置 19 を含むコンピュータ 15 の詳細構成について説明する。図 3 は、コンピュータ 15 の機能ブロック図、図 4 は、コンピュータ 15、出力装置 17、及び入力装置 19 を含むコンピュータシステム 20 のハードウェア構成を示す図である。

【0022】

図 3 に示すように、コンピュータ 15 は、機能的な構成要素として、光源制御部 31、回転機構制御部（制御部）32、検出信号取得部 33、分布取得部（取得部）34、領域特定部（特定部）35、及びパラメータ算出部 36 を含んで構成されている。図 4 に示すように、コンピュータ 15 を含むコンピュータシステム 20 は、物理的には、CPU (Central Processing Unit) 101、記録媒体である RAM (Random Access Memory) 102 または ROM (Read Only Memory) 103、通信モジュール 104、出力装置 17、及び入力装置 19 等を含んでいる。上述したコンピュータ 15 の各機能部は、CPU 101、RAM 102 等のハードウェア上に本実施形態にかかる配向特性測定プログラムを読み込ませることにより、CPU 101 の制御のもとで、通信モジュール 104、出力装置 17、及び入力装置 19 等を動作させるとともに、RAM 102 におけるデータの読み出し及び書き込み、および ROM 103 からのデータの読み出しを行うことで実現される。すなわち、本実施形態の配向特性測定プログラムは、コンピュータシステム 20 を、光源制御部 31、回転機構制御部 32、検出信号取得部 33、分布取得部 34、領域特定部 35、及びパラメータ算出部（算出部、選択部、決定部）36 として機能させる。
20
30

【0023】

以下、コンピュータ 15 の各機能部の詳細機能について説明する。

【0024】

光源制御部 31 は、入力装置 19 を介してユーザから測定開始指示を受けたことを契機に、光源 3 の動作を開始させ励起光を照射するように制御し、蛍光測定処理の終了後に励起光の照射を停止するように光源 3 を制御する。回転機構制御部 32 は、光源制御部 31 による励起光の照射の制御と同期させて、回転機構 9 の回転運転状態を制御する（制御処理）。具体的には、回転機構制御部 32 は、照射光学系 5 の光軸 L1 と検出光学系 11 の光軸 L2 とのなす角 θ を 0 度 ~ 90 度の間で変更するように制御する。この場合、ステップ状になす角 θ を変更してもよいし、連続的に所定の変化率でなす角 θ を変更してもよい。
40

【0025】

検出信号取得部 33 は、光源制御部 31 によって励起光の照射が開始され、回転機構制御部 32 によってなす角 θ が 0 度 ~ 90 度の間で変更されている間に、連続的に光検出器 13 から出力される蛍光の光強度を示す強度値データを取得する。分布取得部 34 は、検出信号取得部 33 によって取得されたなす角 θ ごとの強度値データを基に、なす角 θ に対する蛍光の光強度分布（角度依存性分布）を示す光強度分布データ I () を生成する。この際、分布取得部 34 は、強度値データとして分光スペクトルデータを取得する場合に
50

は、この分光スペクトルデータを波長領域全体の光強度を示す強度値データに変換し、この強度値データの変換をなす角ごとに実行した後、変換後の強度値データを基になす角ごとの光強度の分布である光強度分布データ $I_N(\theta)$ を生成する。そして、分布取得部 34 は、生成した光強度分布データ $I_N(\theta)$ を対象に、なす角 θ がゼロ度における強度値でなす角 θ が所定範囲（例えば、0 度 < θ < 90 度）の強度値を規格化することによって、規格化された光強度分布データ $I_N(\theta)$ を取得する（取得処理）。

【0026】

図 5 には、検出信号取得部 33 によって取得される分光スペクトルデータの値の一例、図 6 には、分布取得部 34 によって生成された光強度分布データ $I_N(\theta)$ の一例を示している。検出信号取得部 33 によって取得される蛍光の光強度の波長特性を示す分光スペクトルデータ（図 6）が有意な値を持つ波長範囲で積分されることにより蛍光の強度値データが得られ、この強度値データがなす角 θ が 0 度～90 度の範囲の複数の分光スペクトルデータを対象に繰り返し計算される。そして、なす角 θ が 0 度～90 度の範囲の強度値がなす角 $\theta = 0$ 度の強度値で規格化されることにより、規格化された光強度分布データ $I_N(\theta)$ （図 6）が取得される。一般に、有機材料を対象に得られる光強度分布は、図 6 に示すように、角度 θ が 0 度から増加していくにしたがって減少し、ある角度で極小値を持ち（図 6 の場合は 40 度近傍）、その極小値の角度より大きい角度（図 6 の場合は 50 度近傍）で極大値を持つという特性を有する。

【0027】

領域特定部 35 は、分布取得部 34 によって生成された光強度分布データ $I_N(\theta)$ を基に、強度値が極大となる領域における光強度を特定する（特定処理）。すなわち、図 6 に示すような光強度分布データ $I_N(\theta)$ を対象にした場合は、光強度分布データ $I_N(\theta)$ における強度値が極小となる角度 θ_{min} と角度 90 度との間に存在する極大領域の角度 θ_a の光強度 I_{Npeak} を特定する。極大領域の角度 θ_a の光強度 I_{Npeak} は、極大値に対応する角度 θ_{max} の光強度であってもよいし、角度 θ_{max} から所定角度範囲内（例えば、±5 度の範囲内）の角度の光強度であってもよいし、所定角度範囲内の光強度の最小値、最大値、平均値、あるいは中間値等であってもよい。

【0028】

パラメータ算出部 36 は、領域特定部 35 によって特定された極大領域の角度 θ_a の光強度 I_{Npeak} の値と、予め定められてコンピュータ 15 内に記憶された線形関係を特定するデータとを参照して、試料 S1 の材料層 S2 の有機材料の分子配向特性を示す配向パラメータを算出する（算出処理）。

【0029】

ここで、パラメータ算出部 36 の詳細機能について説明する前に、光強度分布データ $I_N(\theta)$ を基にした配向パラメータの算出の原理について述べる。

【0030】

従来の研究において、配向特性測定システム 1 と同様に半円柱状レンズの平坦面上に等方性の蛍光材料からなる試料を配置させた状態で、UV 光を半円柱状レンズの反対側から試料の面に垂直に入射させた場合を想定し、その場合に半円柱状レンズ側から出射された蛍光の P 偏光成分の光強度分布が定式化されている。この研究については、従来文献（「New method for determining refractive index and thickness of fluorescent thin films」, OPTICS COMMUNICATIONS, Volume 31, Number 3, December 1 1979）に記載されている。詳細には、P 偏光成分の光強度分布 P^P は、半円柱状レンズ上の試料の層内における発光点からの直接光と 1 回の膜内での反射光との干渉の影響を示す項 Q^P と、試料の層内における発光点からの直接光と複数回の膜内での反射光との干渉の影響を示す項 M^P と、蛍光の観測角度と観測波長に依存する項 T^P とを用いて、下記式； $P^P = Q^P M^P T^P$ によって表される。この従来文献によれば、P 偏光成分の光強度分布 P^P は、下記式；

10

20

30

40

【数1】

$$P^p = \frac{1}{2\pi} \frac{n_1}{n_0} \cos^2 \alpha_1 \times \begin{cases} \frac{[(n_2/n_0)^4 - 1]n^{-2} \sin^2 \alpha_1 + 1}{(n \cos \alpha_1 + \cos \alpha_2)^2} \\ \frac{[(n_2/n_0)^4 + 1]n^{-2} \sin^2 \alpha_1 - 1}{(1 - n^2)[(1 + n^{-2}) \sin^2 \alpha_1 - 1]} \end{cases}$$

によって定式化されている。上記式中、 n_1 は半円柱状レンズの屈折率、 n_2 は半円柱状レンズおよび試料の周囲の空間の屈折率、 n_0 は試料の屈折率、 n は n_2 / n_1 に等しい値、 α_1 は励起光の照射方向と観察対象の蛍光の出射方向とのなす角（なす角 10 に対応）、 α_2 は、 $n \cdot \sin \alpha_2 = \sin \alpha_1$ により決まる角度を、それぞれ表している。また、上記式の上側の式は角度 α_1 が臨界角以下の場合の特性を示し、下側の式は角度 α_1 が臨界角より大きい場合の特性を示している。

【0031】

図7には、上記従来文献の定式化によって得られた光強度分布を示し、図8には、角度 α_1 が臨界角以下の場合の式による光強度分布を示し、図9には、角度 α_1 が臨界角より大きい場合の式による光強度分布を示している。なお、これらの光強度分布は、屈折率 $n_1 = 1.516$ 、屈折率 $n_2 = 1$ 、屈折率 $n_0 = 1.575$ として計算した分布を示し、図7に示す光強度分布は、角度 α_1 が0度の値で規格化されている。図8に示すように、角度 α_1 が臨界角以下の場合の式の値は、角度 α_1 が0度から増加するにしたがって徐々に強度が低下し40度近辺で極小となっている。一方、図9に示すように、角度 α_1 が臨界角より大きい場合の式の値は、角度 α_1 が40度と50度との間で極大値を有し、角度50度を超えた範囲では角度が大きくなるにしたがって単調減少している。これらの特性を組み合わせた全体の光強度分布は、図7に示すように、角度 α_1 が40度の付近で極小値を有し、角度 α_1 が40度と50度との間で極大値を有する。このように、定式化によって得られた光強度分布は、配向特性測定システム1によって得られる光強度分布データ I_N () と似通った分布を有している。ただし、配向特性測定システム1の測定対象の試料は様々な分子配向特性を有する有機材料であるのに対して、上記従来文献の定式化の対象は等方性の蛍光材料である。 30

【0032】

上述のような光強度分布の定式化の理論は、従来文献（「Light emission by multipole sources in thin layers. I. Radiation patterns of electric and magnetic dipoles」, J. Opt. Soc. Am., Vol. 71, No. 6, June 1981）にも記載されている。

【0033】

配向特性測定システム1の測定対象である有機ELなどの有機材料は、分子配向特性が異なるればその材料からの光の取り出し効率が異なる。分子配向特性とは発光分子が材料中でどのような向きで並んでいるかを示す特性であり、そのような特性を表すパラメータとして配向パラメータ S がある。図10には、様々な分子配向特性を有する材料層 S_2 における発光分子の配列状態を概念的に示している。図10の(a)部に示す材料層 S_2 においては、発光分子MOがその双極子モーメントが層の厚さ方向 D_1 に対して90度になるように配置されている。図10の(b)部に示す材料層 S_2 においては、発光分子MOがその双極子モーメントを層の厚さ方向 D_1 に対して0度になるように配置されている。図10の(c)部に示す材料層 S_2 においては、発光分子MOがその双極子モーメントを層の厚さ方向 D_1 に対して54.7度になるように配置されている。また、図10の(d)部に示す材料層 S_2 においては、複数の発光分子MOが、それらの双極子モーメントが層の厚さ方向 D_1 に対してランダムな角度を向くように配置されている。このような材料層 S_2 の分子配向状態を評価するための配向パラメータ S は、下記式；

$$S = (3/2) \cdot (\cos^2 - 1/3)$$

10

20

30

40

50

によって算出される。図11に示すように、上記式中の角度 θ は、厚さ方向D1に沿ったZ軸に対する発光分子の平均的な配向方向(双極子モーメント)の角度を示しており、この配向方向はX成分 μ_x 、Y成分 μ_y 、及びZ成分 μ_z を有する。図11に示すX軸及びY軸は材料層S2の厚さ方向に垂直な軸である。例えば、図10の(a)部に示す状態の材料層S2の配向パラメータ $S = -0.5$ であり、図10の(b)部に示す状態の材料層S2の配向パラメータ $S = 1$ であり、図10の(c)部及び(d)部に示す状態の材料層S2の配向パラメータ $S = 0$ である。図12には、角度 θ と配向パラメータ S との関係を示す。このように、配向パラメータ S は角度 θ が0度から90度に変化するにしたがって減少し、その最大値が1で最小値が-0.5である。この配向パラメータ S が小さくなるほど光の取り出し効率が高いことを意味する。

10

【0034】

別の文献(「Electroluminescence from completely horizontally oriented dye molecules」、APPLIED PHYSICS LETTERS 108, 241106 (2016))には、有機材料層からの蛍光の光強度の角度依存性特性が分子配向特性ごとに異なることを利用して、角度依存性特性を基に配向パラメータ S を決定する手法が検討されている。具体的には、有機EL材料を対象にした蛍光スペクトルのp偏光成分の角度依存性特性に関する測定結果と、その角度依存性特性のシミュレーション結果との比較により、有機EL材料の配向パラメータ S が決定されている。図13には、この手法における光強度の角度依存性特性のシミュレーション結果を示している。このシミュレーション結果は、分子の双極子モーメントのZ成分 μ_z を0~1の範囲で変更しながら計算された複数の角度依存性特性を示している。ここで、分子の双極子モーメントのX成分 μ_x 、Y成分 μ_y 、Z成分 μ_z は、下記式;

20

$$\mu_x + \mu_y + \mu_z = 1,$$

$$\mu_x = \mu_y$$

のように仮定されている。従来の手法では、実際に測定された蛍光の光強度の角度依存性特性を、シミュレーション結果の複数の特性とフィッティングすることで、分子の双極子モーメントのZ成分 μ_z を求め、この値から配向パラメータ S が決定されている。

【0035】

本発明者らは、上記の従来手法におけるシミュレーション計算により得られた光強度の角度依存性特性に着目した。その結果、角度依存性特性の極小値に対応する角度から90度の間ににおいて配向パラメータ S にかかわらず強度値が一致する等発光点P1が存在すること、および、角度0度における強度値はZ成分 μ_z に依存して変化することを見出した。さらに、この等発光点P1の角度と規格化後の角度依存性特性の極大点の角度とはほぼ一致し、規格化後の角度依存性特性の極大値の逆数と配向パラメータ S に関連する値とはほぼ線形関係となることを発見した。そこで、本発明者らは、このような性質を利用して、角度0度の強度で規格化した光強度の角度依存性特性を基に、配向パラメータ S を得ることができると思った。

30

【0036】

上述した原理を利用したパラメータ算出部36の機能について説明する。

【0037】

パラメータ算出部36は、計測対象の材料層S2の膜厚およびその材料層S2の屈折率によって決まる、光強度と配向パラメータ S に関連する値であるZ成分 μ_z との間の線形関係を示すデータと、領域特定部35によって特定された極大領域の光強度 $I_{N peak}$ とを基に、配向パラメータ S を算出する。コンピュータ15においては、ROM103等のデータ格納部に予め上記線形関係を示すデータが格納されている。図14には、コンピュータ15内に格納された線形関係のデータの特性を示している。このように、線形データを示すデータによって、Z成分 μ_z と規格化後の角度依存性特性の極大値の逆数との線形的な対応関係が特定可能とされている。コンピュータ15内に格納される線形関係を示すデータの形態は、Z成分 μ_z と極大値の逆数 R_I との関係が下記式;

$$R_I = -A \cdot \mu_z + A$$

40

50

で表される場合に、数式自体であってもよいし、係数 A そのものであってもよいし、図 1 4 にプロットされるような線形式上の複数の標本点における座標値のデータの組み合わせであってもよい。このような線形関係を示すデータは、予め様々な配向パラメータ S に関して実行された光強度の角度依存性特性のシミュレーション結果を利用して算出され、計測対象の材料に関する膜厚とその材料の屈折率との組み合わせ毎に算出されて予め複数記憶されている。パラメータ算出部 3 6 は、ユーザから入力装置 1 9 を介して入力された計測対象の材料層 S 2 の膜厚およびその材料層 S 2 の屈折率に関する値を基に、予め記憶された複数の線形関係を示すデータの中から、配向パラメータ S の算出に用いられる線形関係を示すデータを選択（決定）する（選択処理、決定処理）。そして、パラメータ算出部 3 6 は、そのデータと領域特定部 3 5 によって特定された極大領域の光強度 $I_{N_{peak}}$ 10 とを基に、Z 成分 μ_z を特定する。具体的には、選択した線形関係が図 1 4 に示すような特性であって、極大領域の光強度 $I_{N_{peak}}$ の逆数が $R_I_0 = 1 / I_{N_{peak}}$ と計算された場合は、逆数 R_I_0 に対して図 1 4 に示される線形関係を有する Z 成分 μ_{z_0} が、材料層 S 2 の双極子モーメントの Z 成分 μ_z として導き出される。

【0038】

さらに、パラメータ算出部 3 6 は、分子の双極子モーメントの X 成分 μ_x 、Y 成分 μ_y 、Z 成分 μ_z が、下記式；

$$\mu_x + \mu_y + \mu_z = 1,$$

$$\mu_x = \mu_y$$

に示される関係を有し、配向パラメータ S が下記式；

$$S = (\mu_z^2 - \mu_x^2) / (\mu_z^2 + 2\mu_x^2)$$

で定義されることを利用して、配向パラメータ S を下記式；

$$S = \{ \mu_z^2 - (1/4)(1 - \mu_z)^2 \} / \{ \mu_z^2 + (1/2)(1 - \mu_z)^2 \}$$

によって計算する。そして、パラメータ算出部 3 6 は、計算した配向パラメータ S を出力装置 1 7 に出力する。ここでは、パラメータ算出部 3 6 は、計算した配向パラメータ S を、通信モジュール 1 0 4 及びネットワークを経由して外部に送信してもよい。

（配向特性測定方法の各ステップの説明）

【0039】

次に、図 1 5 のフローチャートを参照して、本実施形態に係るコンピュータ 1 5 の動作方法（コンピュータ 1 5 で実行される処理）である配向特性測定方法を、処理毎に説明する。図 1 5 は、本実施形態に係る配向特性測定方法を示すフローチャートである。

【0040】

最初に、入力装置 1 9 によって測定開始指示が受け付けられたことを契機に、光源制御部 3 1 の制御により、光源 3 からの励起光の照射がオンされる（ステップ S 0 1）。加えて、回転機構制御部 3 2 の制御によって、回転機構 9 の回転駆動が開始され、照射光学系 5 の光軸 L 1 と検出光学系 1 1 の光軸 L 2 とのなす角 θ が 0 度～90 度の範囲で変更される（ステップ S 0 2）。それに応じて、検出信号取得部 3 3 によって、光検出器 1 3 から連続的に強度値データが取得される（ステップ S 0 3）。なす角が 0 度～90 度の範囲の強度値データの取得が終了すると、光源 3 からの励起光の照射がオフされるとともに、回転機構 9 の回転駆動も停止される（ステップ S 0 4）。

【0041】

その後、分布取得部 3 4 によって、なす角 θ が 0 度～90 度の範囲で取得された強度値データを基になす角 θ ごとの光強度の分布である光強度分布データ $I(\theta)$ が生成され、この光強度分布データ $I(\theta)$ の強度値をなす角 θ が 0 度の強度値で規格化することによって光強度分布データ $I_N(\theta)$ が取得される（ステップ S 0 5）。次に、領域特定部 3 5 により、光強度分布データ $I_N(\theta)$ を基に、極大領域の角度 θ_a の光強度 $I_{N_{peak}}$ が特定される（ステップ S 0 6）。さらに、パラメータ算出部 3 6 により、ユーザから入力された材料層 S 2 の膜厚及び屈折率に関する値を基に、その膜厚および屈折率に対応する線形関係を特定するパラメータとして、線形係数 A が特定される（ステップ S 0 7）。そして、パラメータ算出部 3 6 により、特定された線形係数 A によって表される線形式

10

20

30

40

50

と、極大領域の角度 θ_a の光強度 $I_{N_{peak}}$ を基に、材料層 S 2 の双極子モーメントの Z 成分 μ_z が算出され、この Z 成分 μ_z を基に配向パラメータ S がさらに算出される（ステップ S 08）。最後に、算出された配向パラメータ S が出力装置 17 に出力されて配向特性測定処理が終了される（ステップ S 09）。

【0042】

なお、本発明者らは、屈折率 n が 1.74 以上 1.91 以下の範囲であり、膜厚 d が 10 nm 以上 20 nm 以下の範囲である場合、平面フィッティング法を用いて、線形係数 A を膜厚 d 及び屈折率 n の 2 次元多項式で求めることができることを見出した。つまり、線形係数 A は、下記式；

$$A = -A_1 d^2 n^3 + A_2 d^2 n^2 - A_3 d^2 n + A_4 d^2 + A_5 d n^3 - A_6 d n^2 + A_7 d n - A_8 d - A_9 n^3 + A_{10} n^2 - A_{11} n + A_{12} \quad 10$$

で表すことができる。なお、 A_n ($n = 1, 2, 3, \dots, 12$) は、実数である。従って、ステップ S 07 において、パラメータ算出部 36 により、ユーザから入力された材料層 S 2 の膜厚及び屈折率に関する値を基に、その膜厚および屈折率に対応する線形関係を特定するパラメータとして、線形係数 A を特定することができる。

【0043】

上述した配向特性測定システム 1 及び配向特性測定システム 1 による配向特性測定方法によれば、照射光の照射に応じて試料 S U の材料層 S 2 から発せられる蛍光の強度を、材料層 S 2 の蛍光出射面の垂線と検出光学系 11 の光軸 L 2 とのなす角 θ を変更しながら測定することにより、蛍光の光強度の角度依存性分布を得ることができる。そして、光強度の角度依存性分布をなす角 θ がゼロ度の値で規格化して、その規格化した光強度の角度依存性分布における極大領域の光強度を特定し、その光強度と予め決定される線形関係とを用いて配向パラメータ S が算出される。これにより、シミュレーション演算等の複雑な演算を必要とすることなく、効率的な演算により試料の配向パラメータ S を簡便に測定することができる。

【0044】

上記形態においては、複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の線形関係を示すデータの中から、材料層 S 2 の膜厚及び材料層 S 2 の屈折率に対応する線形関係を示すデータが選択されている。この場合、さらに簡便な演算により短い演算時間で配向パラメータ S を算出することができる。

【0045】

また、ユーザによって入力された材料層 S 2 の屈折率及び材料層 S 2 の膜厚に関するパラメータを基に、線形関係を示すデータが決定されている。この場合、適切な線形関係を利用して配向パラメータ S を算出するので、より正確に配向パラメータ S を測定することができる。

【0046】

さらに、蛍光の光強度の角度依存性分布において光強度が極小になる角度と 90 度との間に存在する極大値の光強度が特定され、その光強度を基に配向パラメータ S が決定されている。この場合、適切な角度の強度値を利用して配向パラメータ S を算出するので、より正確に配向パラメータ S を測定することができる。

【0047】

以上、種々の実施形態について説明したが、実施形態は上記実施形態に限定されるものではなく、各請求項に記載した要旨を変更しない範囲で変形し、又は他のものに適用したものであってもよい。

【0048】

上記実施形態の配向特性測定システム 1 においては、照射光学系 5 および検出光学系 11 に光ファイバを含んでいるが、光ファイバに限らずレンズ等の他の光学素子を含んでいてもよい。

【0049】

また、上記実施形態の配向特性測定システム 1 においては、分布取得部 34 によって生

10

20

30

40

50

成された光強度分布データ $I_N(\cdot)$ を対象に極大領域の強度値を特定し、この強度値を基に配向パラメータ S を算出しているが、光強度分布データ $I_N(\cdot)$ の極小領域等の他の領域の強度値を基に配向パラメータ S を算出してもよい。

【0050】

また、上記実施形態の配向特性測定システム1においては、予め記憶しておいた線形関係を特定するデータを基に配向パラメータ S に関連する値を算出することによって配向パラメータ S の値の範囲を絞り込み、絞り込んだ範囲におけるシミュレーション計算によって得られた角度依存性分布と、測定した光強度分布とをフィッティングすることによって最終的な配向パラメータ S を取得してもよい。

【0051】

また、パラメータ算出部36は、ユーザから入力装置19を介して入力された計測対象の材料層S2の膜厚およびその材料層S2の屈折率に関する値を基に、配向パラメータ S の算出に用いられる線形関係を示すデータを算出してもよい(決定処理)。

【0052】

従来技術の課題を解決するため、本発明者等は、鋭意研究した結果、以下の事実を新たに見出した。

【0053】

試料から照射光の照射に伴って発せられる検出光の強度の角度依存性のシミュレーション結果を精査したところ、角度依存性において試料の配向パラメータに依存しない等発光点が存在することが分かった。この等発光点は角度依存性を角度ゼロの強度値で規格化した特性の極大領域に相当し、この極大領域の強度値は配向パラメータに大きく関係しており、この強度値を基に配向パラメータを導き出すことができることを新たに見出した。

【0054】

本実施形態は、配向特性測定方法である。配向特性測定方法は、所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、照射光の照射に伴って試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、検出光を検出する光検出器とを用いて、試料の配向パラメータを算出する方法であって、試料の検出光の出射側の面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更しながら、光検出器を用いて検出光を検出させて検出信号を出力する検出ステップと、検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、なす角がゼロ度における光強度で、なす角が所定範囲の光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得ステップと、規格化された光強度の角度依存性分布を基に、光強度が極小になる角度と90度との間に存在する極大領域の光強度を特定する特定ステップと、所定の膜厚及び所定の屈折率によって決まる光強度と配向パラメータに関連する値との間の線形関係と、極大領域の光強度とに基づいて、配向パラメータを算出する算出ステップと、を備える。

【0055】

あるいは、本実施形態は、配向特性測定プログラムである。配向特性測定プログラムは、所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、照射光の照射に伴って試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、試料の検出光の出射側の面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更しながら、検出光を検出する光検出器とを含む検出装置を用いて検出光を検出して得られた検出信号に基づいて、試料の配向パラメータを算出するためのプログラムであって、検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、なす角がゼロ度における光強度で、なす角が所定範囲の光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得処理と、規格化された光強度の角度依存性分布を基に、光強度が極小になる角度と90度との間に存在する極大領域の光強度を特定する特定処理と、所定の膜厚及び所定の屈折率によって決まる光強度と配向パラメータに関連する値との間の線形関係と、極大領域の光強度とに基づいて、配向パラメータを算出する算出処理と、をコンピュータに実行させる。

【0056】

10

20

30

40

50

あるいは、本実施形態は、配向特性測定装置である。配向特性測定装置は、所定の屈折率を有し、透光性を有する基板上に所定の膜厚で配置された試料に向けて照射光を照射する照射光学系と、照射光の照射に伴って試料から発せられる検出光を導光する検出光学系と、検出光を検出して検出信号を出力する光検出器と、試料の検出光の出射側の面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更する駆動機構と、なす角を変更するように駆動機構を制御する制御部と、なす角を変更しながら得られた検出信号を基に試料の配向パラメータを算出する処理装置とを備え、処理装置は、検出信号から得られた光強度の角度依存性分布を基に、なす角がゼロ度における光強度で、なす角が所定範囲の光強度を規格化して、規格化された光強度の角度依存性分布を取得する取得部と、規格化された光強度の角度依存性分布を基に、光強度が極小になる角度と90度との間に存在する極大領域の光強度を特定する特定部と、所定の膜厚及び所定の屈折率によって決まる光強度と配向パラメータに関連する値との間の線形関係と、極大領域の光強度とに基づいて、配向パラメータを算出する算出部と、を有する。

【0057】

上記形態に係る配向特性測定方法、配向特性測定プログラム、あるいは配向特性測定装置によれば、照射光の照射に応じて試料から発せられる検出光の強度を、試料の検出光出射面の垂線と検出光学系の光軸とのなす角を変更しながら測定することにより、検出光の光強度の角度依存性分布を得ることができる。そして、光強度の角度依存性分布をなす角がゼロ度の値で規格化して、その規格化した光強度の角度依存性分布における極大領域の光強度を特定し、その光強度と予め決定される線形関係とを用いて配向パラメータが算出される。これにより、シミュレーション演算等の複雑な演算を必要とすることなく、効率的な演算により試料の配向パラメータを簡便に測定することができる。

【0058】

上記形態においては、複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の線形関係の中から、所定の膜厚及び所定の屈折率に対応する線形関係を選択する選択ステップをさらに備えてもよい。また、コンピュータに、複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の線形関係の中から、所定の膜厚及び所定の屈折率に対応する線形関係を選択する選択処理をさらに実行させてもよい。また、処理装置は、複数の膜厚と複数の屈折率との組み合わせ毎に予め記憶された複数の線形関係の中から、所定の膜厚及び所定の屈折率に対応する線形関係を選択する選択部をさらに有してもよい。この場合、さらに簡便な演算により短い演算時間で配向パラメータを算出することができる。

【0059】

また、ユーザによって入力された屈折率及び膜厚に関するパラメータを基に、線形関係を決定する決定ステップをさらに備えてもよい。また、コンピュータに、ユーザによって入力された屈折率及び膜厚に関するパラメータを基に、線形関係を決定させる決定処理をさらに実行させてもよい。また、ユーザによって入力された屈折率及び膜厚に関するパラメータを基に、線形関係を決定する決定部をさらに備えてもよい。この場合、適切な線形関係を利用して配向パラメータを算出するので、より正確に配向パラメータを測定することができる。

【0060】

さらに、特定ステップにおいては、光強度が極小になる角度と90度との間に存在する極大値の光強度を特定してもよい。また、特定処理においては、光強度が極小になる角度と90度との間に存在する極大値の光強度を特定してもよい。また、特定部は、光強度が極小になる角度と90度との間に存在する極大値の光強度を特定してもよい。この場合、適切な角度の強度値を利用して配向パラメータを算出するので、より正確に配向パラメータを測定することができる。

【符号の説明】

【0061】

1...配向特性測定システム、3...光源、5...照射光学系、9...回転機構（駆動機構）、

10

20

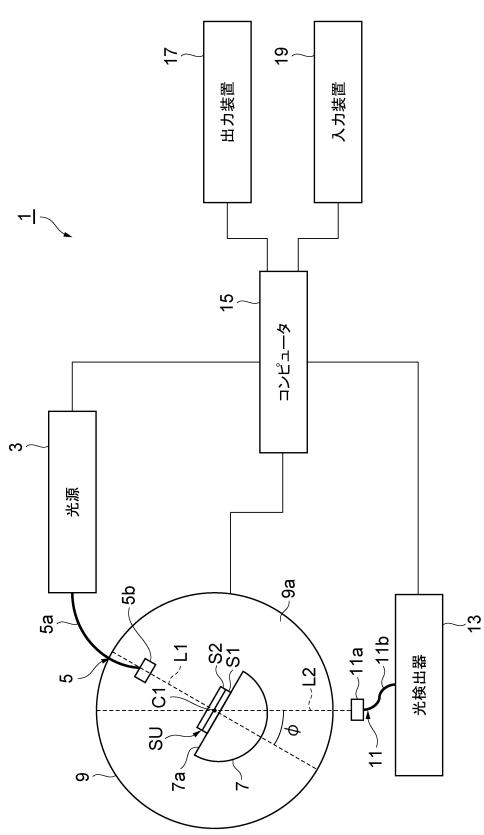
30

40

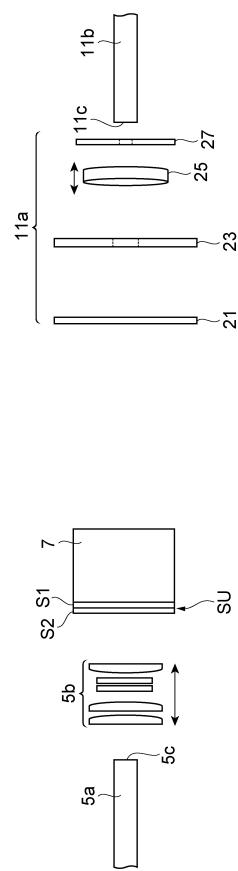
50

1 1 ... 検出光学系、1 3 ... 光検出器、1 5 ... コンピュータ（処理装置）、3 1 ... 光源制御部、3 2 ... 回転機構制御部（制御部）、3 3 ... 検出信号取得部、3 4 ... 分布取得部（取得部）、3 5 ... 領域特定部（特定部）、3 6 ... パラメータ算出部（算出部、選択部、決定部）、S 1 ... 透明性基板、S 2 ... 材料層（試料）。

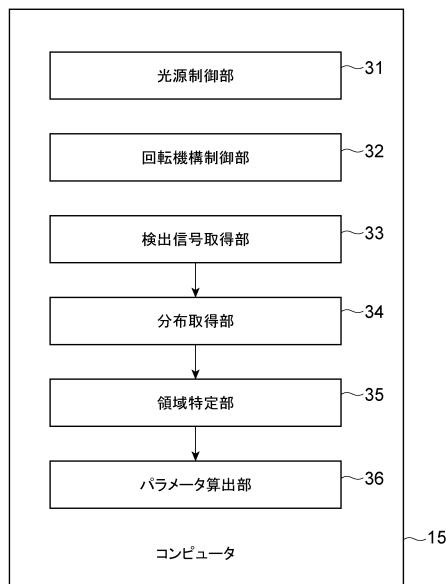
【図1】



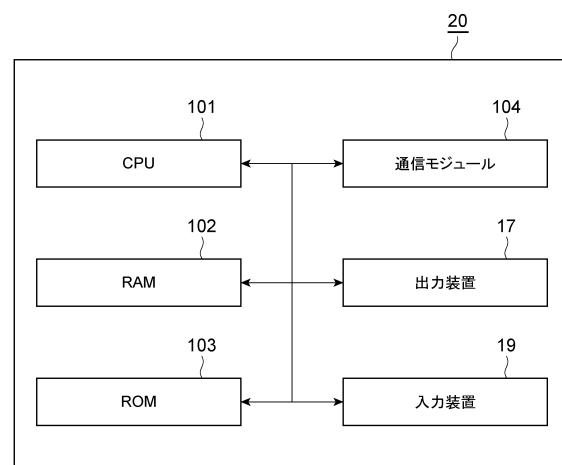
【図2】



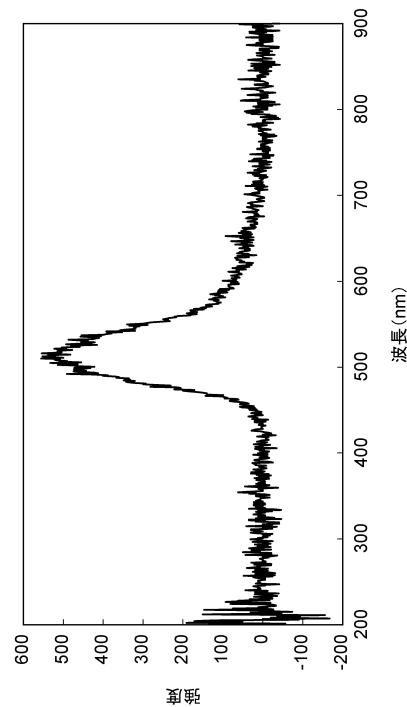
【図3】



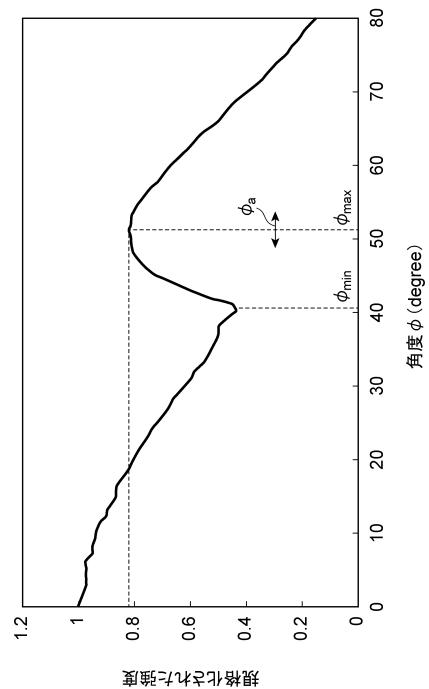
【図4】



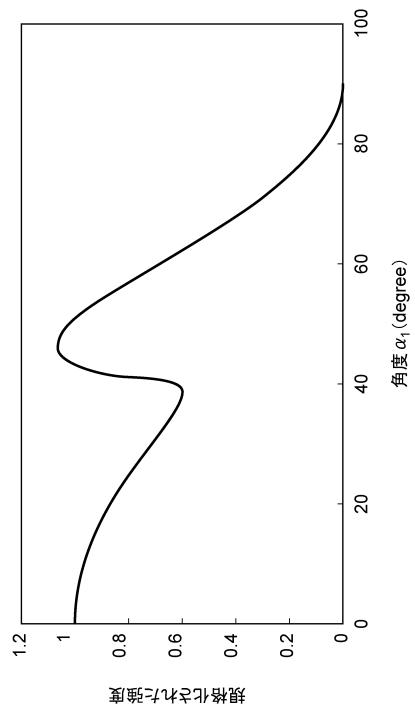
【図5】



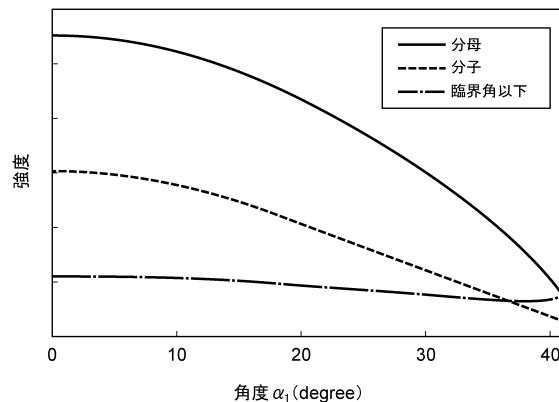
【図6】



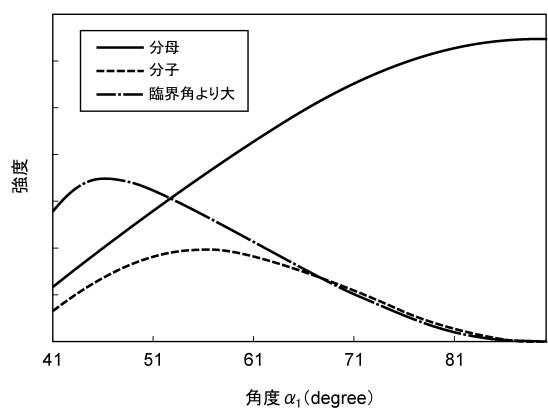
【図7】



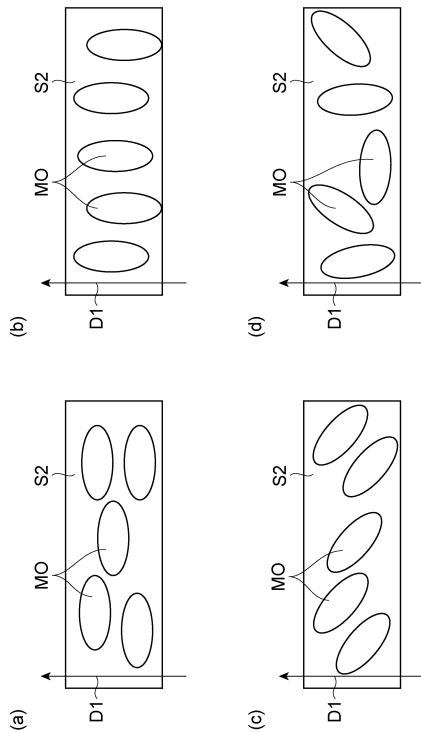
【図8】



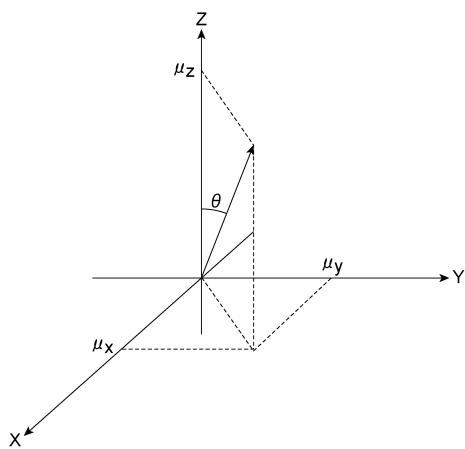
【図9】



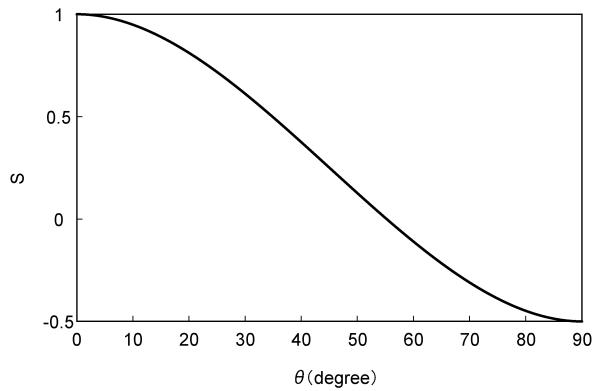
【図10】



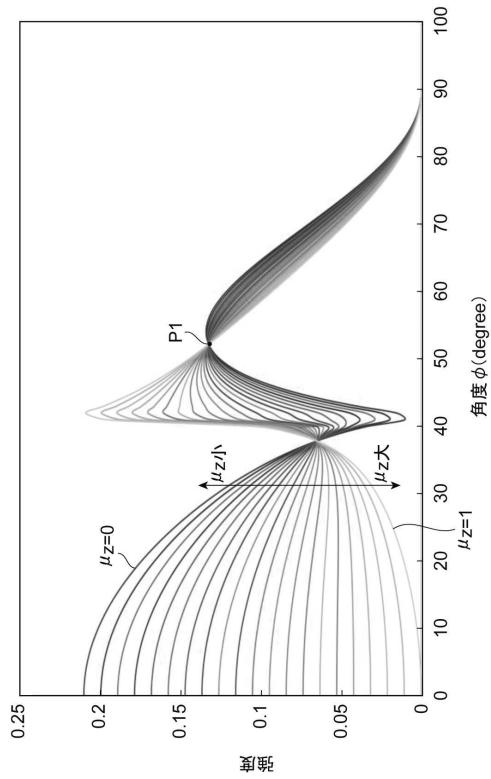
【図 1 1】



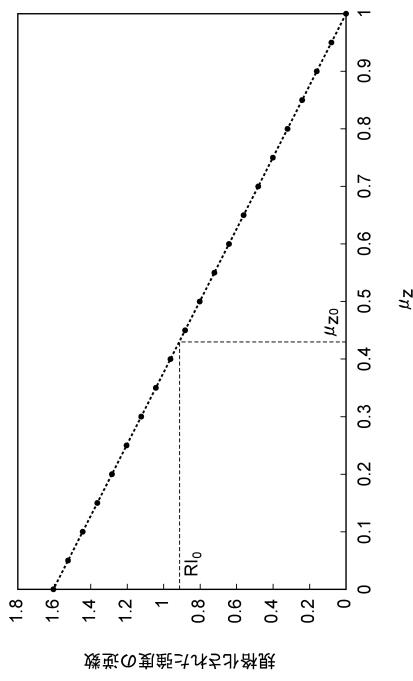
【図 1 2】



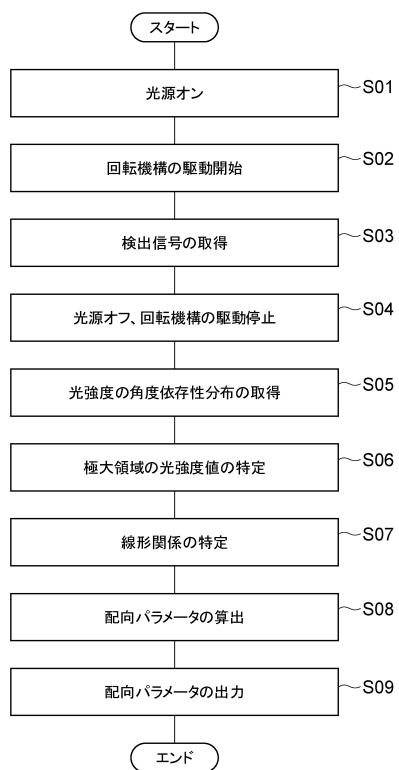
【図 1 3】



【図 1 4】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 江浦 茂

静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内

審査官 嶋田 行志

(56)参考文献 特開2006-308549 (JP, A)

特開2002-267573 (JP, A)

特開平08-043307 (JP, A)

特開昭64-035418 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01N 21/00 - 21/83

H01L 51/50

H05B 33/10

JSTPlus / JMEDPlus / JST7580 (JDreamIII)