【公報種別】特許法第１７条の２の規定による補正の掲載
【部門区分】第６部門第１区分
【発行日】令和7年3月18日(2025.3.18)

【国際公開番号】WO2024/009737
【出願番号】特願2024-531996(P2024-531996)
【国際特許分類】
G01N 21/64(2006.01)
G02B 5/30(2006.01)
【FI】
G01N 21/64 Z
G01N 21/64 A
G02B 5/30

【手続補正書】
【提出日】令和6年12月25日(2024.12.25)
【手続補正１】
【補正対象書類名】明細書
【補正対象項目名】全文
【補正方法】変更
【補正の内容】
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、蛍光検出装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
特許文献１の蛍光検出装置は、ダイクロイックミラーを有する光学系を有し、試料から反射する蛍光を検出する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【特許文献１】特開２００５－３２１７５３号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
特許文献１の蛍光検出装置では、ダイクロイックミラーを不要とし、さらなる励起光の除去性能が求められている。
【０００５】
本開示は、蛍光の検出感度が向上する蛍光検出装置を提供することを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本開示の一態様の蛍光検出装置は、試料に対して、円偏光状態の励起光を照射する光源と、前記励起光により試料が発する蛍光を透過し、前記励起光を反射するコレステリック液晶層と、前記コレステリック液晶層を透過した前記蛍光を検知する検出回路と、を含む。
【図面の簡単な説明】
【０００７】
【図１】図１は、実施形態１に係る蛍光検出装置を示す模式図である。
【図２】図２は、実施形態１のコレステリック液晶層を模式的に説明する断面図である。

【図３】図３は、実施形態１のコレステリック液晶層の第１層及び第７層を模式的に説明する平面図である。
【図４】図４は、実施形態１のコレステリック液晶層の第２層を模式的に説明する平面図である。
【図５】図５は、実施形態１のコレステリック液晶層の第３層を模式的に説明する平面図である。
【図６】図６は、実施形態１のコレステリック液晶層の第４層を模式的に説明する平面図である。
【図７】図７は、実施形態１のコレステリック液晶層の第５層を模式的に説明する平面図である。
【図８】図８は、実施形態１のコレステリック液晶層の第６層を模式的に説明する平面図である。
【図９】図９は、励起光と反射光との関係を説明するための説明図である。
【図１０】図１０は、比較例に係る蛍光検出装置を示す模式図である。
【図１１】図１１は、実施形態２に係る蛍光検出装置を示す模式図である。
【図１２】図１２は、実施形態３に係る蛍光検出装置を示す模式図である。
【図１３】図１３は、実施形態４に係る蛍光検出装置を示す模式図である。
【図１４】図１４は、実施形態４の第１液晶層において反射する励起光の波長特性及び第２液晶層において反射する励起光の波長特性との関係を示す説明図である。
【発明を実施するための形態】
【０００８】
本開示を実施するための形態（実施形態）につき、図面を参照しつつ詳細に説明する。以下の実施形態に記載した内容により本開示が限定されるものではない。また、以下に記載した構成要素には、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。なお、開示はあくまで一例にすぎず、当業者において、本開示の主旨を保っての適宜変更について容易に想到し得るものについては、当然に本開示の範囲に含有されるものである。また、図面は説明をより明確にするため、実際の態様に比べ、各部の幅、厚さ、形状等について模式的に表される場合があるが、あくまで一例であって、本開示の解釈を限定するものではない。また、本開示と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には、同一の符号を付して、詳細な説明を適宜省略することがある。
【０００９】
本実施形態及び請求の範囲において、ある構造体の上に他の構造体を配置する態様を表現するにあたり、単に「上に」と表記する場合、特に断りの無い限りは、ある構造体に接するように、直上に他の構造体を配置する場合と、ある構造体の上方に、さらに別の構造体を介して他の構造体を配置する場合との両方を含むものとする。
【００１０】
（実施形態１）
図１は、実施形態１に係る蛍光検出装置を示す模式図である。図２は、実施形態１のコレステリック液晶層を模式的に説明する断面図である。図３は、実施形態１のコレステリック液晶層の第１層及び第７層を模式的に説明する平面図である。図４は、実施形態１のコレステリック液晶層の第２層を模式的に説明する平面図である。図５は、実施形態１のコレステリック液晶層の第３層を模式的に説明する平面図である。図６は、実施形態１のコレステリック液晶層の第４層を模式的に説明する平面図である。図７は、実施形態１のコレステリック液晶層の第５層を模式的に説明する平面図である。図８は、実施形態１のコレステリック液晶層の第６層を模式的に説明する平面図である。図１に示すように、蛍光検出装置１は、遮光された空間に、光源６０と、コレステリック液晶層１０と、透光性基板２０と、試料保持部３０と、検出回路５０と、を有する。
【００１１】
蛍光検出装置１は、試料３１に所定の波長の励起光Ｌ１１を照射すると、試料３１内の

物質が励起して、ピーク波長が励起光の波長から若干ずれた分光特性を有する蛍光Ｌ１３を発する。蛍光検出装置１は、この蛍光Ｌ１３の強度や蛍光Ｌ１３の発光強度分布の観察を可能である。

【００１２】

透光性基板２０は、絶縁性の基材であり、例えば、ガラスや樹脂材料が用いられる。

【００１３】

コレステリック液晶層１０は、透光性基板２０の上に配向膜１５を介して液晶層１６が成膜されている。配向膜１５は、ポリイミドなどであり、ラビング処理や光配向処理が施されている。コレステリック液晶とは、１つの平面内では細長い液晶分子が長軸の方向を揃えて配列しており、透光性基板２０の平面に垂直な方向に進むに従って液晶分子ＬＣが螺旋状に旋回する。具体的には、図２に示す第１層ＬＣ１、第２層ＬＣ２、第３層ＬＣ３、第４層ＬＣ４、第５層ＬＣ５、第６層ＬＣ６及び第７層ＬＣ７は、図３から図８に示すように、液晶分子ＬＣが旋回している。螺旋のピッチｐの１／２毎に、液晶分子ＬＣが長軸の方向が揃うので、図３に示すように、第１層ＬＣ１の液晶分子ＬＣの長軸方向と第７層ＬＣ７の液晶分子ＬＣの長軸方向とは同じ向きである。

【００１４】

図９は、励起光と反射光との関係を説明するための説明図である。コレステリック液晶層１０は、コレステリック液晶は、螺旋の回転方向と同じ回転方向の円偏光を有する所定の波長の光を反射する。図９に示すように、コレステリック液晶層１０に入射する励起光Ｌ１１は、式（１）に示すブラッグの法則と同じ条件に従って反射される。

【００１５】

$$2\times(p/2)\times n\times \sin\theta = m\times\lambda \quad \cdots(1)$$

ここで、ｍは反射次数であり、λは反射波長であり、ｐは螺旋のピッチであり、ｎは屈折率であり、θは反射面ＢＬに対して励起光の入射方向がなす角である。

【００１６】

試料保持部３０は、透光性を有し、試料３１を載置する。尚、試料保持部３０は、蛍光を発しない透明な材質で、例えば窒化シリコン（ＳｉＮ）から形成されることが好ましい。ただし、本実施形態において試料保持部３０は省略してもよい。

【００１７】

光源６０は、発光体６１と、偏光板６２と、１／４波長板６３と、を含む。発光体６１は、所定の励起光を発振して発光する発光素子である。偏光板６２は、発光体６１の光を直線偏光状態にする。１／４波長板６３は、偏光板６２からの光を円偏光状態の励起光Ｌ１１に変換する。

【００１８】

検出回路５０は、電荷結合素子（Ｃｈａｒｇｅ　Ｃｏｕｐｌｅｄ　Ｄｅｖｉｃｅ）であり、撮像回路である。検出回路５０は、蛍光の強度や蛍光の発光強度分布を検出できる。

【００１９】

図９に示すように、ブラッグの法則に従って、光源６０から入射した励起光Ｌ１１を選択的に反射し反射光Ｌ１２とする。例えば、コレステリック液晶層１０は、複数の液晶分子が右回りに旋回している場合は、励起光Ｌ１１のうちピッチｐに応じた波長を有する右円偏光の光を反射し、反射光Ｌ１２とする。一方、コレステリック液晶層１０は、複数の液晶分子が左回りに旋回している場合は、励起光Ｌ１１のうちピッチｐに応じた波長を有する左円偏光状態の光を反射し、反射光Ｌ１２とする。

【００２０】

コレステリック液晶層１０は、励起光の波長に応じた、液晶材料、カイラル剤を選定して製造される。

【００２１】

図１０は、比較例に係る蛍光検出装置を示す模式図である。図１０に示す比較例の蛍光検出装置１ａは、図１に示す蛍光検出装置１と比較して、コレステリック液晶層１０を有していない。図１０に示す比較例の蛍光検出装置１ａは、透光性基板２０の上に、試料保

持部３０が積層されている。
【００２２】
比較例の蛍光検出装置１ａは、試料３１に所定の波長の励起光Ｌ２１を照射すると、試料内の物質が励起して、ピーク波長が励起光の波長から若干ずれた分光特性を有する蛍光を発する。蛍光検出装置１ａは、励起光のノイズを含んだ蛍光Ｌ２２が検出回路５０に到達してしまう。
【００２３】
これに対して、実施形態１の蛍光検出装置１は、コレステリック液晶層１０が励起光Ｌ１１を反射光Ｌ１２として選択的に反射する。
【００２４】
以上説明したように、実施形態１の蛍光検出装置１は、試料３１に対して、円偏光状態の励起光Ｌ１１を照射する光源６０と、励起光Ｌ１１により試料３１が発する蛍光Ｌ１３を透過し、励起光Ｌ１１を反射するコレステリック液晶層１０と、コレステリック液晶層１０を透過した蛍光Ｌ１３を検知する検出回路と、を含む。これにより、励起光Ｌ１１を反射光Ｌ１２として選択的に反射することができ、検出回路５０に到達する励起光Ｌ１１が抑制される。その結果、検出回路５０が検知する蛍光Ｌ１３の検出感度が向上する。
【００２５】
（実施形態２）
図１１は、実施形態２に係る蛍光検出装置を示す模式図である。なお、以下の説明では、上述した実施形態で説明したものと同じ構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。
【００２６】
蛍光検出装置１Ａは、遮光された空間に、光源６０と、コレステリック液晶層１０と、透光性基板２０と、試料保持部３０と、検出回路５０と、を有する。
【００２７】
図１１に示すように、実施形態２に係る蛍光検出装置１Ａにおいて、光源６０は、発光体６４と、１／４波長板６３と、を含む。発光体６４は、直線偏光状態のレーザ光を発光する。１／４波長板６３は、発光体６４からの光を円偏光状態の励起光Ｌ１１に変換する。
【００２８】
（実施形態３）
図１２は、実施形態３に係る蛍光検出装置を示す模式図である。なお、以下の説明では、上述した実施形態で説明したものと同じ構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。
【００２９】
蛍光検出装置１Ｂは、遮光された空間に、光源６０と、コレステリック液晶層１０と、透光性基板２０と、試料保持部３０と、検出回路５０と、レンズ７０と、を有する。図１２に示すように、実施形態３に係る蛍光検出装置１Ｂでは、コレステリック液晶層１０と、検出回路５０との間に、試料３１からの蛍光を集光するレンズ７０をさらに有する。
【００３０】
これにより、レンズ７０により、蛍光Ｌ１３の収集効率が向上する。
【００３１】
（実施形態４）
図１３は、実施形態４に係る蛍光検出装置を示す模式図である。図１４は、実施形態４の第１液晶層において反射する励起光の波長特性及び第２液晶層において反射する励起光の波長特性との関係を示す説明図である。なお、以下の説明では、上述した実施形態で説明したものと同じ構成要素には同一の符号を付して重複する説明は省略する。
【００３２】
上述したように、実施形態１の蛍光検出装置１では、ブラッグの法則に従って、光源６０から入射した励起光Ｌ１１が選択的に反射光Ｌ１２となり、コレステリック液晶層１０

で反射する。このため、光源６０からの入射角度がずれると、励起光Ｌ１１が検出回路５０に入光しやすくなる。これに対し、実施形態４の蛍光検出装置１Ｃは、反射帯域の異なる液晶層を複数有しているので、励起光Ｌ１１の入射角度が多少傾いても励起光Ｌ１１を反射でき、励起光Ｌ１１の入射角の保証範囲を広げることができる。

【００３３】

蛍光検出装置１Ｃは、遮光された空間に、光源６０と、コレステリック液晶層１０と、透光性基板２０と、試料保持部３０と、検出回路５０と、を有する。具体的には、実施形態４のコレステリック液晶層１０は、螺旋の第１ピッチを有する第１液晶層１１と、第１ピッチとは異なる螺旋の第２ピッチを有する第２液晶層１２と、を含む。第２液晶層１２は、配向膜１５の上に成膜される。第１液晶層１１は、第２液晶層１２の上に成膜される。第１液晶層１１の螺旋の第１ピッチと、第２液晶層１２の螺旋の第２ピッチとは、カイラル剤などを変えることにより、異ならせている。図１４に示すように、第１液晶層１１において反射する励起光の波長特性Ｃ１１は、第２液晶層１２において反射する励起光の波長特性Ｃ１２と波長がずれている。なお、コレステリック液晶層１０は、異なる螺旋のピッチを有する３層以上の液晶層を含んでもよい。

【００３４】

例えば、図１３に示すように、光源６０の位置から方向Ｒに回転した光源６０Ａの位置に位置がずれると、第２液晶層１２は、光源６０Ａの励起光Ｌ１１を反射できないが、第１液晶層１１は、光源６０Ａの励起光Ｌ１１を反射できる。

【００３５】

以上、本開示の好適な実施の形態を説明したが、本開示はこのような実施の形態に限定されるものではない。実施の形態で開示された内容はあくまで一例にすぎず、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。本開示の趣旨を逸脱しない範囲で行われた適宜の変更についても、当然に本開示の技術的範囲に属する。上述した各実施形態及び各変形例の要旨を逸脱しない範囲で、構成要素の種々の省略、置換及び変更のうち少なくとも１つを行うことができる。

【符号の説明】

【００３６】

１、１Ａ、１Ｂ、１Ｃ、１ａ　蛍光検出装置
１０　コレステリック液晶層
１１　第１液晶層
１２　第２液晶層
１５　配向膜
１６　液晶層
２０　透光性基板
３０　試料保持部
３１　試料
５０　検出回路
６０、６０Ａ　光源
６１、６４　発光体
６２　偏光板
６３　１／４波長板
７０　レンズ
Ｌ１１、Ｌ２１　励起光
Ｌ１２　反射光
Ｌ１３、Ｌ２２　蛍光