

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4409244号
(P4409244)

(45) 発行日 平成22年2月3日(2010.2.3)

(24) 登録日 平成21年11月20日(2009.11.20)

(51) Int.Cl.

G02B 5/28 (2006.01)

F 1

G 02 B 5/28

請求項の数 4 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2003-354027 (P2003-354027)
 (22) 出願日 平成15年10月14日 (2003.10.14)
 (65) 公開番号 特開2005-121731 (P2005-121731A)
 (43) 公開日 平成17年5月12日 (2005.5.12)
 審査請求日 平成18年10月11日 (2006.10.11)

(出願人による申告) 平成15年度、新エネルギー・産業技術総合開発機構、民間基盤技術試験研究業務委託、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの

(73) 特許権者 000000376
 オリンパス株式会社
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 (74) 代理人 100106909
 弁理士 棚井 澄雄
 (74) 代理人 100064908
 弁理士 志賀 正武
 (74) 代理人 100101465
 弁理士 青山 正和
 (74) 代理人 100094400
 弁理士 鈴木 三義
 (74) 代理人 100086379
 弁理士 高柴 忠夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】光学フィルタ及び光学機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、該基板上に形成された薄膜とを備え、
 該薄膜が、前記基板の屈折率よりも低い屈折率を有する光学媒質に接触される最外層部と、
 屈折率が前記光学媒質の屈折率よりも高い低屈折率層と屈折率が前記低屈折率層の屈折率よりも相対的に高い高屈折率層とが前記基板側に向かって交互に積層されて構成される屈折率変動部とを備え、

前記最外層部が、前記光学媒質に接触されるとともに前記光学媒質の屈折率よりも高い屈折率とされる最外低屈折率層と、

前記最外低屈折率層に積層され前記最外低屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第1の最外高屈折率層と、

該第1の最外高屈折率層に積層され前記第1の最外高屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第2の最外高屈折率層とを備え、

前記屈折率変動部が、前記最外層部に前記低屈折率層が積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第2の最外高屈折率層よりも高い屈折率から前記基板側に向かって漸次高く変化する第1の積層部と、

該第1の積層部の基板側に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記基板側に向かって漸次低く変化する第2の積層部と、

前記第1の積層部と前記第2の積層部との間に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前

10

20

記第1の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と同一である第3の積層部とを備え、

前記屈折率変動部が、前記基板側に向かって複数隣接して積層され、

複数の前記屈折率変動部の何れか二つを第1の屈折率変動部及び第2の屈折率変動部とするとき、

前記第1の屈折率変動部における前記高屈折率層の光学膜厚、前記第1の屈折率変動部における前記低屈折率層の光学膜厚、前記第2の屈折率変動部における前記高屈折率層の光学膜厚、及び前記第2の屈折率変動部における前記低屈折率層の光学膜厚のうち、少なくとも一つが他と異なる膜厚とされていることを特徴とする光学フィルタ。

【請求項2】

10

基板と、該基板上に形成された薄膜とを備え、

該薄膜が、前記基板の屈折率よりも低い屈折率を有する光学媒質に接触される最外層部と、

屈折率が前記光学媒質の屈折率よりも高い低屈折率層と屈折率が前記低屈折率層の屈折率よりも相対的に高い高屈折率層とが前記基板側に向かって交互に積層されて構成される屈折率変動部とを備え、

前記最外層部が、前記光学媒質に接触されるとともに前記光学媒質の屈折率よりも高い屈折率とされる最外低屈折率層と、

前記最外低屈折率層に積層され前記最外低屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第1の最外高屈折率層と、

20

該第1の最外高屈折率層に積層され前記第1の最外高屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第2の最外高屈折率層とを備え、

前記屈折率変動部が、前記最外層部に前記低屈折率層が積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第2の最外高屈折率層よりも高い屈折率から前記基板側に向かって漸次高く変化し、前記低屈折率層の屈折率が前記最外低屈折率層の屈折率と略同一である第1の積層部と、

該第1の積層部の基板側に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記基板側に向かって漸次低く変化し、前記低屈折率層の屈折率が、前記基板側に向かって前記基板の屈折率まで漸次高く変化する第2の積層部と、

前記第1の積層部と前記第2の積層部との間に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第1の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と同一であり、前記低屈折率層の屈折率が前記最外低屈折率層の屈折率と略同一である第3の積層部とを備えていることを特徴とする光学フィルタ。

【請求項3】

30

前記第1の積層部及び前記第3の積層部における低屈折率層の屈折率が前記最外低屈折率層の屈折率と略同一とされ、

前記第2の積層部における低屈折率層の屈折率が、前記基板側に向かって前記基板の屈折率まで漸次高く変化されていることを特徴とする請求項1に記載の光学フィルタ。

【請求項4】

40

請求項1から3の何れか一つに記載の光学フィルタを備えていることを特徴とする光学機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学フィルタ及び光学機器に関する。

【背景技術】

【0002】

生体試料の観察などに用いられる光学機器である蛍光顕微鏡は、染色処理した細胞などの被検体へ励起光を当てた際に被検体が発する蛍光を観察することにより、被検体の構造や性質を解析することができる。

50

近年のゲノム解析用としては、例えば、502 nmの波長を有する励起光で526 nmにピークを有する蛍光を観察するというニーズがある。この場合、励起光と蛍光の波長が近いので、蛍光を効率よく検出するために励起光を阻止帯域でカットし蛍光観察波長の光を透過帯域で透過させる光学フィルタが、蛍光測定の感度と精度を決める非常に重要なキーパーツとして用いられている。

【0003】

この光学フィルタには、透過帯域と阻止帯域の境界で分光特性の急峻な立ち上がりをもち、かつ、透過帯域でほぼ100%の光を透過する性能が要求されている。

このような、所定の波長帯域の光を遮断し、その他の波長の光を透過する光学フィルタはマイナスフィルタと呼ばれ、基板上に高屈折率層と低屈折率層を交互に積層した多層膜で作製される。

【0004】

この光学フィルタは、膜の屈折率を膜厚方向に周期的かつ連続的に変化させ、その屈折率分布をWavelet(波束)と呼ばれる形状にすると、透過帯域における透過率の周期的な変動(リップル)を原理的になくすことができるとともに、上述の層数を増やすほど透過帯域と阻止帯域の境界の立ち上がりを急峻にすることができる(例えば、非特許文献1参照。)。この原理を適用したものを図14(a)に示す。

ただし、実際の成膜時に膜の屈折率を連続的に変化させるのは非常に困難である。そこで、連続的な屈折率分布を階段状に分割して近似して変化させたものが各種提案されている(例えば、特許文献1参照。)。この原理を適用したものを図15(a)に示す。

【特許文献1】特許第3290629号公報(第1図)

【非特許文献1】W.H.Southwell, Using Apodization Function to Reduce Sidelobes in Rugate Filters, Appl. Opt., 1989, Vol.28

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、上記従来の光学フィルタにおいては、図14(b)及び図15(b)に示すように、阻止帯域近傍の透過帯域において、依然として透過帯域でのリップルが少なからず残存する問題があった。

本発明は上記事情に鑑みて成されたものであり、阻止帯域と透過帯域との境界における分光特性の立ち上がりが急峻で透過帯域でのリップルを抑制して光学特性を安定化した光学フィルタ、及びその光学フィルタを用いることにより、蛍光などの検出感度を向上した光学機器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】

本発明は、上記課題を解決するため、以下の手段を採用する。

本発明に係る光学フィルタは、基板と、該基板上に形成された薄膜とを備え、該薄膜が、前記基板の屈折率よりも低い屈折率を有する光学媒質に接触される最外層部と、屈折率が前記光学媒質の屈折率よりも高い低屈折率層と屈折率が前記低屈折率層の屈折率よりも相対的に高い高屈折率層とが前記基板側に向かって交互に積層されて構成される屈折率変動部とを備え、前記最外層部が、前記光学媒質に接触されるとともに前記光学媒質の屈折率よりも高い屈折率とされる最外低屈折率層と、前記最外低屈折率層に積層され前記最外低屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第1の最外高屈折率層と、該第1の最外高屈折率層に積層され前記第1の最外高屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第2の最外高屈折率層とを備え、前記屈折率変動部が、前記最外層部に前記低屈折率層が積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第2の最外高屈折率層よりも高い屈折率から前記基板側に向かって漸次高く変化する第1の積層部と、該第1の積層部の基板側に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記基板側に向かって漸次低く変化する第2の積層部と、前記第1の積層部と前記第2の積層部との間に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第1の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と同一である第3の積層部とを備え、

10

20

30

40

50

前記屈折率変動部が、前記基板側に向かって複数隣接して積層され、複数の前記屈折率変動部の何れか二つを第1の屈折率変動部及び第2の屈折率変動部とするとき、前記第1の屈折率変動部における前記高屈折率層の光学膜厚、前記第1の屈折率変動部における前記低屈折率層の光学膜厚、前記第2の屈折率変動部における前記高屈折率層の光学膜厚、及び前記第2の屈折率変動部における前記低屈折率層の光学膜厚のうち、少なくとも一つが他と異なる膜厚とされていることを特徴とする。

【0007】

この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、光を透過させる際、所定の波長近傍の阻止帯域に相当する光を阻止するとともに、それ以外の波長に相当する透過帯域の光を透過させるフィルタ特性において、透過帯域と阻止帯域との境界を急峻にして透過光量を増加させることができるとともに透過帯域でのリップルを抑制することができる。10

また、この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、膜厚を変化させることによって、阻止帯域の中心波長の位置を任意の位置に移動させることができるとともに、阻止帯域の幅を任意の大きさに設定することができる。

【0008】

また、本発明に係る光学フィルタは、基板と、該基板上に形成された薄膜とを備え、該薄膜が、前記基板の屈折率よりも低い屈折率を有する光学媒質に接触される最外層部と、屈折率が前記光学媒質の屈折率よりも高い低屈折率層と屈折率が前記低屈折率層の屈折率よりも相対的に高い高屈折率層とが前記基板側に向かって交互に積層されて構成される屈折率変動部とを備え、前記最外層部が、前記光学媒質に接触されるとともに前記光学媒質の屈折率よりも高い屈折率とされる最外低屈折率層と、前記最外低屈折率層に積層され前記最外低屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第1の最外高屈折率層と、該第1の最外高屈折率層に積層され前記第1の最外高屈折率層の屈折率よりも高い屈折率を有する第2の最外高屈折率層とを備え、前記屈折率変動部が、前記最外層部に前記低屈折率層が積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第2の最外高屈折率層よりも高い屈折率から前記基板側に向かって漸次高く変化し、前記低屈折率層の屈折率が前記最外低屈折率層の屈折率と略同一である第1の積層部と、該第1の積層部の基板側に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記基板側に向かって漸次低く変化し、前記低屈折率層の屈折率が、前記基板側に向かって前記基板の屈折率まで漸次高く変化する第2の積層部と、前記第1の積層部と前記第2の積層部との間に積層され、前記高屈折率層の屈折率が前記第1の積層部を構成する高屈折率層のうち最も高い屈折率と同一であり、前記低屈折率層の屈折率が前記最外低屈折率層の屈折率と略同一である第3の積層部とを備えていることを特徴とする。20

この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、光を透過させる際、所定の波長近傍の阻止帯域に相当する光を阻止するとともに、それ以外の波長に相当する透過帯域の光を透過させるフィルタ特性において、透過帯域と阻止帯域との境界を急峻にして透過光量を増加させることができるとともに透過帯域でのリップルを抑制することができる。30

また、この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、基板と薄膜との境界における損失を抑制し、透過帯域における光の透過量をより良好にすることができる。

【0009】

また、本発明の光学フィルタは、前記第1の屈折率変動部及び前記第2の屈折率変動部を有する光学フィルタであって、前記第1の積層部及び前記第3の積層部における低屈折率層の屈折率が前記最外低屈折率層の屈折率と略同一とされ、前記第2の積層部における低屈折率層の屈折率が、前記基板側に向かって前記基板の屈折率まで漸次高く変化されていることが好ましい。40

この光学フィルタは、上記の構成を備えているので、基板と薄膜との境界における損失を抑制し、透過帯域における光の透過量をより良好にすることができる。

【0010】

本発明に係る光学機器は、上記本発明に係る光学フィルタのうち何れか一つに記載の光学フィルタを備えていることを特徴とする。

この光学機器は、本発明に係る光学フィルタを備えているので、透過させる波長と透過

10

20

30

40

50

を阻止する波長とが近い場合でも、透過帯域と阻止帯域との間に急峻な境界を有するとともに、透過帯域の波長の光量を削減することなく効率良く透過させて、分光特性に優れるフィルタ性能を有することができる。また、1つの光学フィルタで阻止帯域の幅を任意に設定することができ、簡単な構成の光学系を備えることができる。_____

【発明の効果】

【0011】

以上説明した本発明においては以下の効果を奏する。

この光学フィルタによれば、阻止帯域と透過帯域との境界における分光特性の立ち上がりが急峻で透過帯域でのリップルを抑制し光学特性を安定させることができる。

また、本発明の光学機器によれば、本発明に係る光学フィルタを備えているので、観察時に不要な光をカットして所望の波長の光を効率よく選択することができ、従来よりも蛍光等の光の検出感度をより向上することができる。10

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

次に、本発明の第1の実施形態について、図1及び図2を参照して説明する。

本実施形態に係る図1に示す蛍光顕微鏡（光学機器）1は、励起フィルタ2と、ダイクロイックミラー3と、吸収フィルタ（光学フィルタ）5と、接眼レンズ6と、対物レンズ7とを備える。

【0013】

励起フィルタ2は、光源8から発生した光のうち特定波長のみを選択的に励起光として透過させるように光源8の光路上に配設されている。20

ダイクロイックミラー3は、半透過鏡であって、励起フィルタ2を透過した光の光路を載置された、例えば、生体細胞等の標本10上に照射するように変更するとともに、この照射によって標本10から発生した蛍光を観察側に透過するように設定されている。

接眼レンズ6及び対物レンズ7は、上記蛍光を観察できるように調整するものとして配設されている。

【0014】

吸収フィルタ5は、ガラス製の基板11と、この基板11上に形成された薄膜12とから構成され、上記蛍光のみを選択的に透過させる。

薄膜12は、図2（a）に示すように、基板11の屈折率よりも低い空気（光学媒質）13に接触される最外層部15と、屈折率が空気13の屈折率よりも高く基板11の屈折率以下とされる低屈折率層16と、屈折率が低屈折率層16よりも相対的に高い高屈折率層17とが基板11側に向かって交互に積層されて構成される屈折率変動部18とを備えている。30

【0015】

最外層部15は、空気13に接触されるとともに空気の屈折率よりも高く基板の屈折率以下の屈折率とされる最外低屈折率層15Aと、最外低屈折率層15Aに積層され最外低屈折率層15Aの屈折率よりも高い屈折率を有する第1の最外高屈折率層15Bと、第1の最外高屈折率層15Bに積層され第1の最外高屈折率層15Bの屈折率よりも高い屈折率を有する第2の最外高屈折率層15Cとを備えている。40

【0016】

屈折率変動部18は、最外層部15の基板11側に低屈折率層16が積層され、これに隣接する高屈折率層17の屈折率が第2の最外高屈折率層15Cよりも高い屈折率から基板11側に向かって漸次高く変化する第1の積層部18Aと、第1の積層部18Aの基板11側に積層され、高屈折率層17の屈折率が基板11側に向かって漸次低く変化する第2の積層部18Bと、第1の積層部18Aと第2の積層部18Bとの間に積層され、高屈折率層17の屈折率が第1の積層部18Aを構成する高屈折率層17のうち最も高い屈折率と略同一である第3の積層部18Cとを備えている。

【0017】

第1の積層部18A及び第3の積層部18Cにおける低屈折率層16の屈折率が最外低

10

20

30

40

50

屈折率層 15 A の屈折率と略同一とされ、第 2 の積層部 18 B における低屈折率層 16 の屈折率が、基板 11 側に向かって基板 11 の屈折率まで漸次高く変化されている。

ここで、低屈折率層 16 は主にフッ化マグネシウムで構成され、高屈折率層 17 は主に酸化タンタルで構成されている。

本実施形態では、基板 11 の屈折率を 1.52、最外層部 15 における最外低屈折率層 15 A の屈折率を 1.4、第 1 の最外高屈折率層 15 B の屈折率を 1.5 及び第 2 の最外高屈折率層 15 C の屈折率を 1.6 とし、第 1 の積層部 18 A における高屈折率層 17 を 1.7 から 2.2 まで変化させ、第 2 の積層部 18 B における高屈折率層 17 の屈折率を 1.52 を越えて 2.2 まで変化させ、第 1 の積層部 18 A 及び第 3 の積層部 18 C における低屈折率層 16 の屈折率を 1.4 とし、第 2 の積層部 18 B における低屈折率層 16 の屈折率を 1.4 から 1.52 未満の間で変化させている。10

【0018】

薄膜 12 は、基板 11 側から最外層部 15 の最外低屈折率層 15 A までの積層総数が 45 層、設計波長が 600 nm とされ、各層の光学膜厚が設計波長の 0.25 倍とされている。

各層の屈折率分散はないものとして透過率をシミュレーションした結果を図 2 (b) に示す。

この吸収フィルタ 5 は、透過を阻止する中心波長が約 610 nm で透過率約 0% における帯域幅が 140 nm 程度とされる阻止帯域 20、及びそれ以外の波長を透過させる透過帯域 21 A、21 B とを備えている。20

【0019】

次に、本実施形態に係る蛍光顕微鏡 1 による観察方法について説明する。

光源 8 から出射された光を励起フィルタ 2 を通過させて特定波長の励起光としてダイクロイックミラー 3 に投射させる。

上記励起光は、ダイクロイックミラー 3 によって光路を曲げられ、対物レンズ 7 で集光されて標本 10 に照射される。このとき、この照射によって標本 10 から蛍光が発生する。この蛍光は、対物レンズ 7 を介して平行光となってダイクロイックミラー 3 に到達し、これを透過して吸収フィルタ 5 に至る。

【0020】

吸収フィルタ 5 に至った蛍光は、最外層部 15 の最外低屈折率層 15 A から入射して、第 1 の積層部 18 A、第 3 の積層部 18 C に至り、第 2 の積層部 18 B を透過して基板 11 側から再び外部へ射出される。30

吸収フィルタ 5 には、蛍光以外の波長を有する励起光等も混入されて入射する。しかし、薄膜 12 が上述した屈折率変動部 16 を有する構成とされているので、吸収フィルタ 5 は、励起光等が属する波長帯域である阻止帯域 20 における光を外部へ射出させるのを阻止しながら、蛍光が属する波長帯域である透過帯域 21 A、21 B における光を透過させる。

こうして、吸収フィルタ 5 から射出した蛍光は、接眼レンズ 6 を透過して集光されて観察側に至る。

【0021】

この吸収フィルタ 5 によれば、例えば図 2 (b) に示すように、阻止帯域 20 と透過帯域 21 A、21 B との境界を急峻にして、透過帯域 21 A、21 B における透過光量を増加するとともにリップルを抑制できる。また、成膜時の膜厚制御が容易な膜構成なので、光学特性の安定性を向上することができる。40

さらに、この蛍光顕微鏡 1 によれば、吸収フィルタ 5 が図 3 に示すように理想的なフィルタに近い光学特性を有しているので、従来のフィルタでは透過光量が低下していた波長領域の光量（光量增加分）をも削除することなく透過させることができる。これによって、蛍光測定における検出感度を格段に向上するとともにゲノム解析等における解析精度、検出精度及び観察時間を短縮することができる。

また、低屈折率層 16 の屈折率が上述のように変化して積層されているので、基板 11 50

と薄膜 1 2 との境界における損失を抑制し、透過帯域 2 1 A、2 1 B における光の透過量をより良好にすることができる。

【 0 0 2 2 】

なお、図 4 (a) に示すように、薄膜 2 4 の屈折率変動部 2 5 における第 1 の積層部 2 5 A について、積層総数を 1 2 層から 2 8 層に増やして高屈折率層 1 7 の変化率を第 1 の積層部 1 8 A よりもなだらかに変化させても、図 4 (b) に示すように、上述と同様の中心波長及び帯域幅を備える阻止帯域 2 0 を形成させることができ、図 5 に示すように最外層部 1 5 がない場合と比べて、上述と同様の作用・効果を得ることができる。

また、図 6 (a) に示すように、屈折率変動部 2 6 における第 1 の積層部 2 6 A の積層総数を 1 2 層から 4 層に減らして高屈折率層 1 7 の変化率を第 1 の積層部 1 8 A よりも急峻に変化させても、図 7 に示すように最外層部 1 5 がない場合と比べて、図 6 (b) に示すように上述と同様の作用・効果を得ることができる。

【 0 0 2 3 】

次に、本発明に係る第 2 の実施形態について、図 8 を参照して説明する。なお、以下の説明において、上記実施形態において説明した構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

第 2 の実施形態が第 1 の実施形態と異なる点は、第 1 の実施形態では、基板 1 1 上に屈折率変動部 1 8 が一つだけ積層されているが、第 2 の実施形態では、吸収フィルタ 2 7 の薄膜 2 8 の屈折率変動部 3 0 が、第 1 の屈折率変動部 3 1 と第 2 の屈折率変動部 3 2 とを備え、これらが順に基板 1 1 側に向かって隣接して積層されているとした点である。

【 0 0 2 4 】

すなわち、薄膜 2 8 は、図 8 (a) に示すように、基板 1 1 上に第 2 の屈折率変動部 3 2 が積層され、この上に第 1 の屈折率変動部 3 1 が積層され、その上に最外層部 1 5 が積層されている。

また、最外層部 1 5 の各層の光学膜厚、第 1 の屈折率変動部 3 1 における高屈折率層 3 3 の光学膜厚、及び低屈折率層 3 5 の光学膜厚が、第 2 の屈折率変動部 3 2 における高屈折率層 3 6 の光学膜厚及び低屈折率層 3 7 の光学膜厚と異なる膜厚とされている。

本実施形態では、基板 1 1 の屈折率が第 1 の実施形態と同様の 1 . 5 2 とされ、第 1 の屈折率変動部 3 1 における第 1 の積層部 3 1 A、第 2 の積層部 3 1 B、及び第 3 の積層部 3 1 C の屈折率が、第 1 の実施形態における屈折率変動部 1 8 と同様に変化され、第 2 の屈折率変動部 3 2 における第 1 の積層部 3 2 A 及び第 2 の積層部 3 2 B の低屈折率層 3 7 の屈折率が、1 . 5 2 未満から 1 . 4 の間で変化され、第 3 の積層部 3 2 C の低屈折率層 3 7 の屈折率が 1 . 4 とされ、高屈折率層 3 6 の屈折率が 1 . 5 2 を超えて 2 . 2 までの間で変化されている。

【 0 0 2 5 】

また、薄膜 2 8 は、積層総数が基板 1 1 上から最外層部 1 5 の最外低屈折率層 1 5 A まで 8 9 層、設計波長が 6 0 0 nm とされ、第 1 の屈折率変動部 3 1 の各層の光学膜厚を設計波長の 0 . 2 5 倍、第 2 の屈折率変動部 3 2 の各層の光学膜厚を設計波長の 0 . 3 倍とされている。

薄膜 2 8 各層の屈折率分散はないものとして透過率をシミュレーションした結果を図 8 (b) に示す。

この吸収フィルタ 2 7 は、中心波長が略 6 8 0 nm で透過率略 0 % における帯域幅が 2 8 0 nm 程度とされる阻止帯域 3 8 及びそれ以外の波長を透過させる透過帯域 4 0 A、4 0 B を備えている。

【 0 0 2 6 】

この本実施形態に係る吸収フィルタ 2 7 によれば、図 9 に示すように最外層部 1 5 がない場合と比較して、第 1 の実施形態と同様に蛍光の透過帯域 4 0 A、4 0 B におけるリップルを小さくして、十分な光量を安定的に得ることができる。また、最外層部 1 5 、及び第 1 の屈折率変動部 3 1 と、第 2 の屈折率変動部 3 2 との間で各層の光学膜厚を変化させることによって、阻止帯域 3 8 の中心波長の位置を任意の位置に移動させることができる

10

20

30

40

50

とともに、阻止帯域 3 8 の幅を任意の大きさに設定することができる。

【0027】

次に、本発明に係る第 3 の実施形態について、図 10 を参照して説明する。なお、以下の説明において、第 1 の実施形態にて説明した構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

第 3 の実施形態が上記第 1 の実施形態と異なる点は、第 3 の実施形態に係る吸収フィルタ 4 1 の薄膜 4 2 における最外層部 4 3 の各層、及び屈折率変動部 4 5 における各層の屈折率を変化させた点である。

【0028】

すなわち、本実施形態では、図 10 (a) に示すように、最外層部 4 3 における最外低屈折率層 4 3 A の屈折率が 1.46 とされ、第 1 の最外高屈折率層 4 3 B の屈折率が 1.56、及び第 2 の最外高屈折率層 4 3 C の屈折率が 1.66 とされ、第 1 の積層部 4 5 A における高屈折率層 4 6 が 1.76 から 2.29 まで変化され、第 2 の積層部 4 5 B における高屈折率層 4 6 の屈折率が 1.52 を越えて 2.29 まで変化され、第 1 の積層部 4 5 A 及び第 3 の積層部 4 5 C における低屈折率層 4 7 の屈折率が 1.46 とされ、第 2 の積層部 4 5 B における低屈折率層 4 7 の屈折率が 1.46 から 1.52 未満の間で変化されている。

薄膜 4 2 は、基板 1 1 側から最外層部 4 3 の最外低屈折率層 4 3 A までの積層総数が 4 4 層、設計波長が 600 nm とされ、各層の光学膜厚が設計波長の 0.25 倍とされている。

ここで、低屈折率層 4 7 は主に酸化シリコンで構成され、高屈折率層 4 6 は主に酸化チタンで構成されている。

【0029】

薄膜 5 1 の各層の屈折率分散はないものとして透過率をシミュレーションした結果を図 10 (b) に示す。

この吸収フィルタ 4 1 は、中心波長が約 610 nm で透過率約 0 % における帯域幅が 140 nm 程度とされる阻止帯域 4 8 及びそれ以外の波長を透過させる透過帯域 50 A、50 B を備えている。

この本実施形態に係る吸収フィルタ 4 1 によれば、各層の屈折率が第 1 の実施形態における屈折率と異なる場合でも、図 11 に示すように最外層部 4 3 がない場合と比較して、第 1 の実施形態と同様の作用・効果を得ることができ、透過帯域 50 A、50 B におけるリップルを低減させることができる。

また、第 1 の実施形態における各層の構成材料よりもスパッタリングへの適用が容易である等、成膜プロセスの自由度を高めることができる。

【0030】

次に、本発明に係る第 4 の実施形態について、図 12 を参照して説明する。なお、以下の説明において、上記実施形態において説明した構成要素には同一符号を付し、その説明は省略する。

第 4 の実施形態が第 3 の実施形態と異なる点は、図 12 (a) に示すように、第 4 の実施形態に係る吸収フィルタ 5 1 の薄膜 5 2 は、最外層部 5 3 が空気 1 3 ではなく屈折率 1.46 のガラス (光学媒質) 5 5 と接しているとした点である。

また、ガラス 5 5 の屈折率との差を明確にするため、最外低屈折率層 5 3 A と、第 1 の積層部 5 6 A 及び第 3 の積層部 5 6 C における低屈折率層 5 7 との屈折率が 1.67 とされ、第 2 の積層部 5 6 B における低屈折率層 5 7 の屈折率が 1.67 を超えて 2.29 まで変化されている。

【0031】

さらに、第 1 の最外高屈折率層 5 3 B の屈折率が 1.72、第 2 の最外高屈折率層 5 3 C の屈折率が 1.8 とされ、第 1 の積層部 5 6 A における高屈折率層 5 8 の屈折率が 1.8 を越えて 2.29 までの間で変化されている。

また、薄膜 5 2 は、基板 1 1 側から最外層部 5 3 の最外低屈折率層 5 3 A までの積層総

10

20

30

40

50

数が44層、設計波長が600nmとされ、各層の光学膜厚が設計波長の0.25倍とされている。

ここで、最外低屈折率層53A及び低屈折率層57は主にアルミナで構成されている。

【0032】

薄膜52の各層の屈折率分散はないものとして透過率をシミュレーションした結果を図12(b)に示す。

この吸収フィルタ51は、中心波長が約610nmで透過率約0%における帯域幅が90nm程度とされる阻止帯域60及びそれ以外の波長を透過させる透過帯域61A、61Bを備えている。

この本実施形態に係る吸収フィルタ51によれば、最外層部53がガラス55のような空気13以外の光学媒質に接する場合でも、図13に示すように最外層部43がない場合と比較して、第3の実施形態と同様の作用・効果を得ることができる。 10

【0033】

なお、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、上記実施形態における高屈折率層及び低屈折率層の変化率は、直線或いは曲線であるが、変化率はどのような値でも構わない。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】本発明に係る第1実施形態の蛍光顕微鏡の概要を示す図である。 20

【図2】本発明に係る第1実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図3】本発明に係る第1実施形態の蛍光顕微鏡の波長と透過率との関係を示すグラフである。

【図4】本発明に係る第1実施形態の他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図5】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図6】本発明に係る第1実施形態の他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図7】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。 30

【図8】本発明に係る第2実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図9】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図10】本発明に係る第3実施形態の他の例における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図11】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図12】本発明に係る第4実施形態における吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図13】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【図14】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。 40

【図15】従来の吸収フィルタの膜構成及び分光特性を示すグラフである。

【符号の説明】

【0035】

1 蛍光顕微鏡(光学機器)

5、27、41、51 吸収フィルタ(光学フィルタ)

11 基板

12、24、28、42、52 薄膜

13 空気(光学媒質)

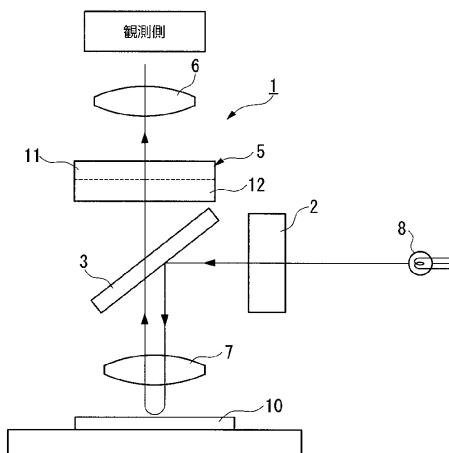
15、43、53 最外層部

15A、43A、53A 最外低屈折率層

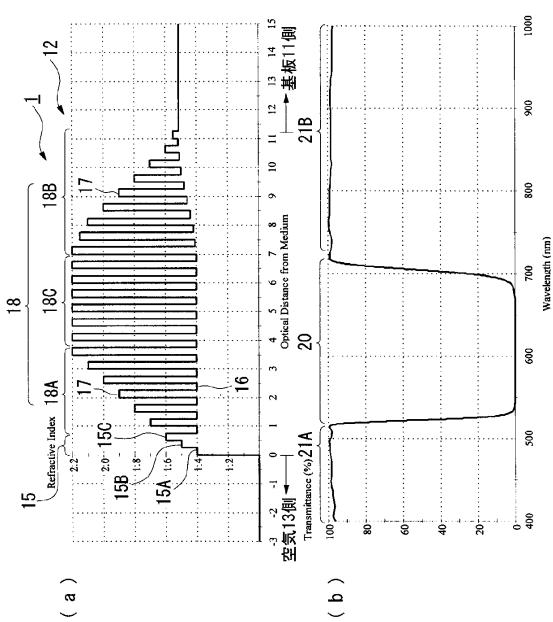
- 15B、43B 第1の最外高屈折率層
 15C、43C 第2の最外高屈折率層
 16、35、37、47、57 低屈折率層
 17、33、36、46、58 高屈折率層
 18、25、26、30、45 屈折率変動部
 18A、25A、26A、32A、45A、56A 第1の積層部
 18B、32B、45B、56B 第2の積層部
 18C、32C、45C、56C 第3の積層部
 31 第1の屈折率変動部
 32 第2の屈折率変動部
 55 ガラス(光学媒質)

10

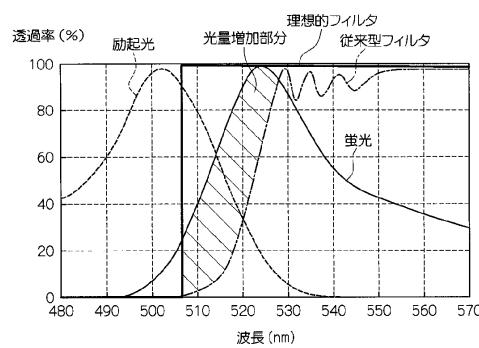
【図1】



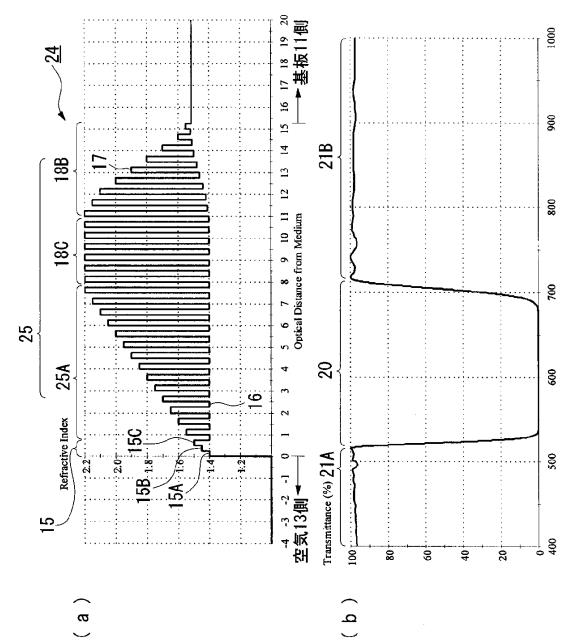
【図2】



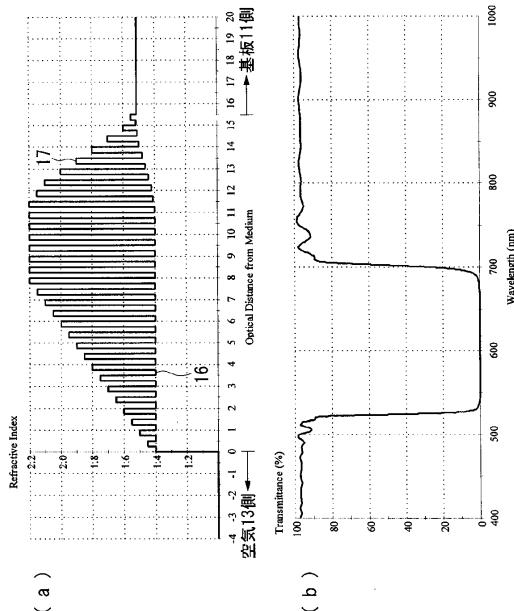
【図3】



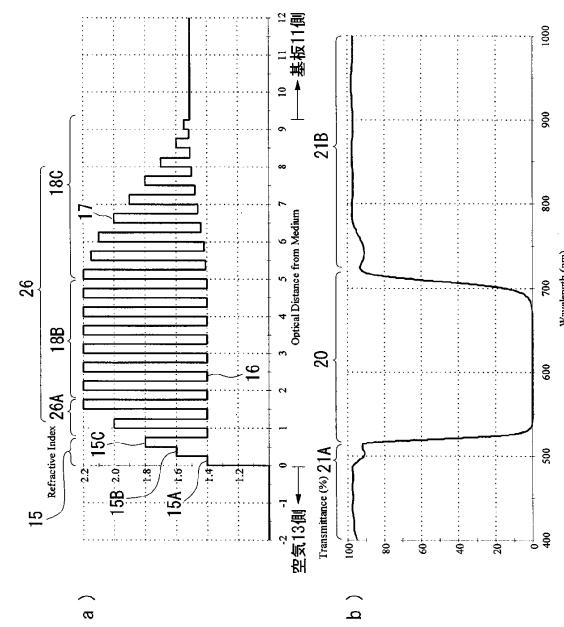
【図4】



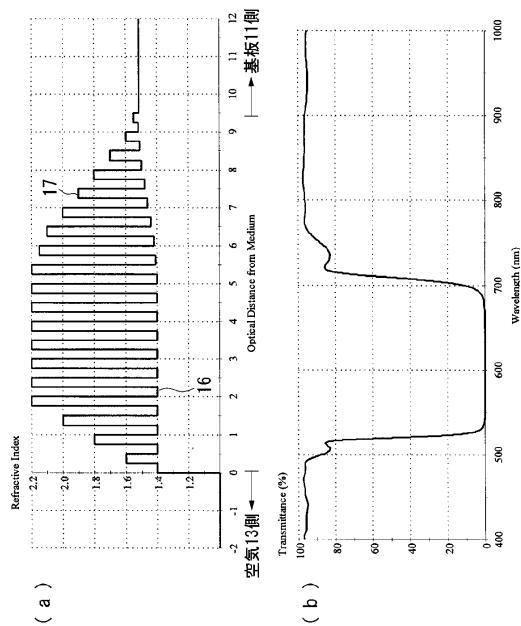
【図5】



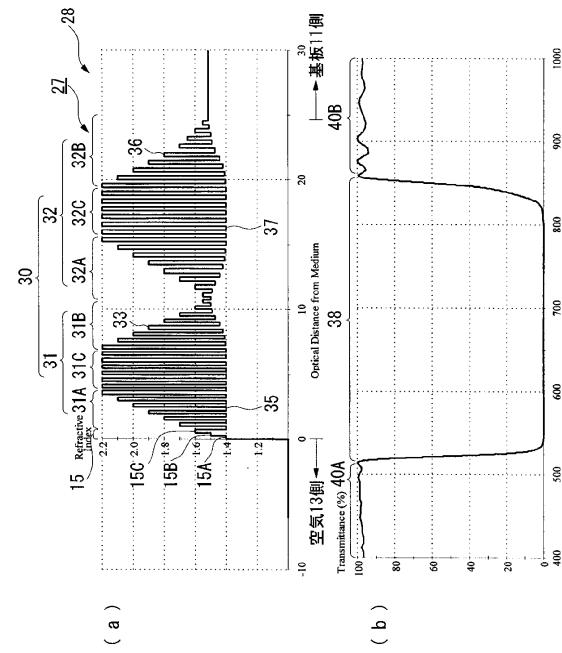
【図6】



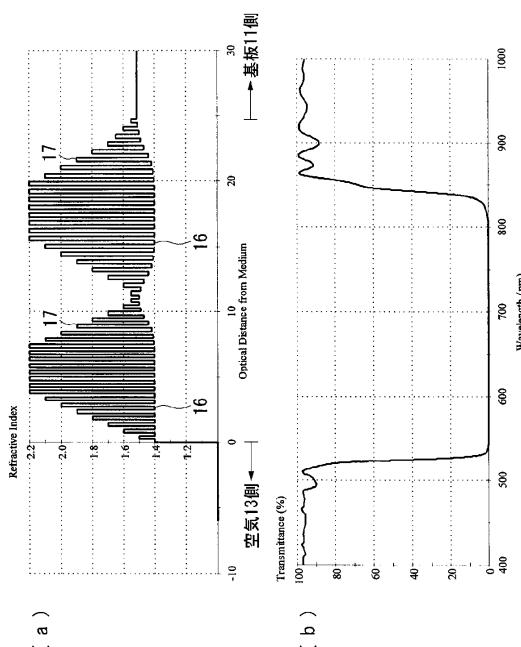
【図7】



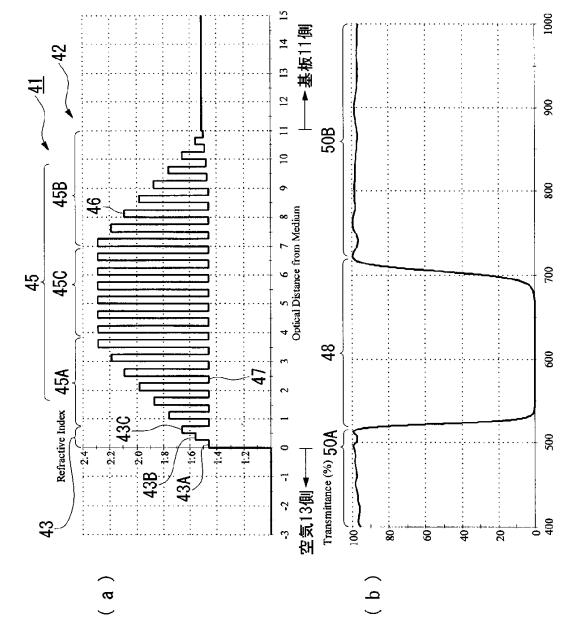
【図8】



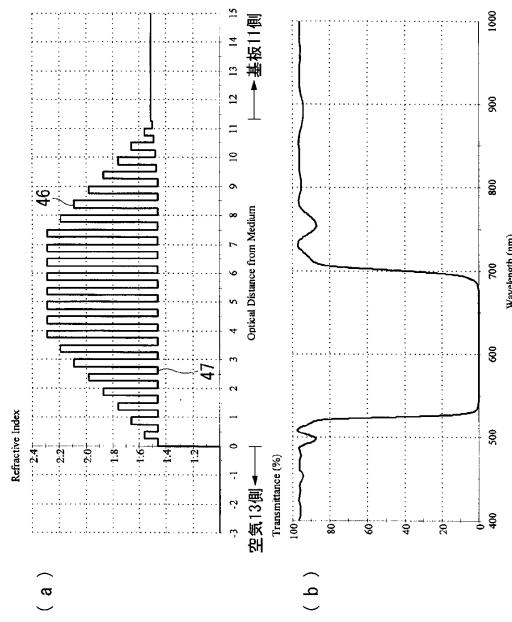
【図9】



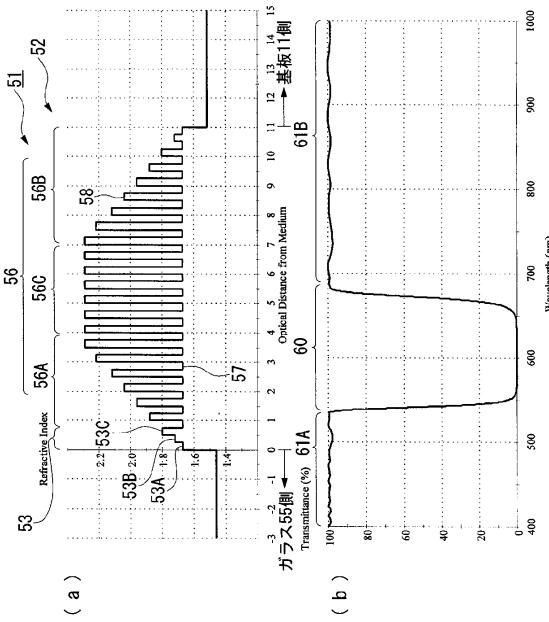
【図10】



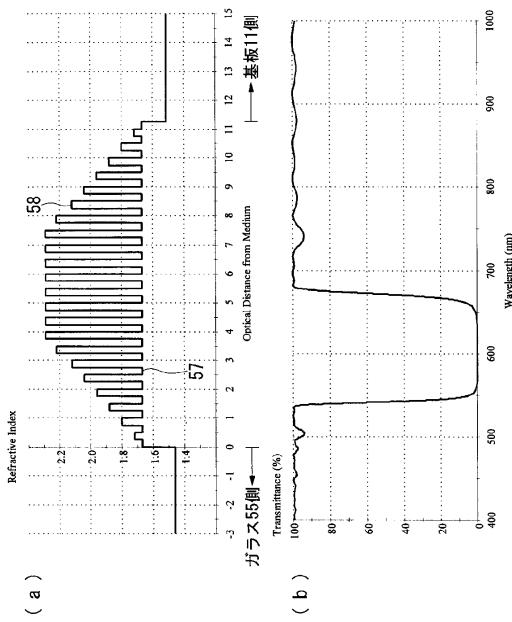
【図11】



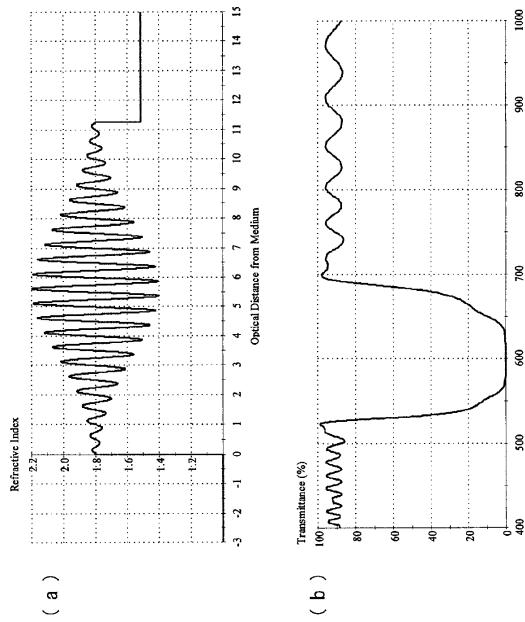
【図12】



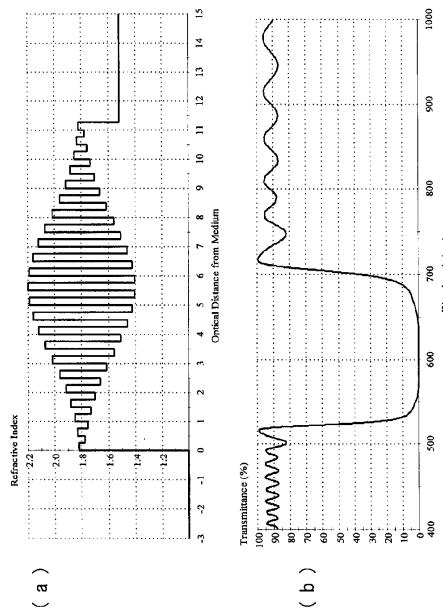
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 新田 佳樹
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

(72)発明者 和田 順雄
東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリンパス株式会社内

審査官 外川 敬之

(56)参考文献 特開2000-009928 (JP, A)
特開平05-215916 (JP, A)
特開2003-121637 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G 02 B 5 / 28