

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4564016号
(P4564016)

(45) 発行日 平成22年10月20日 (2010.10.20)

(24) 登録日 平成22年8月6日 (2010.8.6)

(51) Int. Cl.	F I
G02B 5/26 (2006.01)	G02B 5/26
G02B 5/28 (2006.01)	G02B 5/28
G02B 5/08 (2006.01)	G02B 5/08 A

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2006-547070 (P2006-547070)	(73) 特許権者	505005049
(86) (22) 出願日	平成16年12月9日 (2004.12.9)		スリーエム イノベイティブ プロパティ
(65) 公表番号	特表2007-517258 (P2007-517258A)		ズ カンパニー
(43) 公表日	平成19年6月28日 (2007.6.28)		アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133
(86) 国際出願番号	PCT/US2004/041214		-3427, セント ポール, ポスト オ
(87) 国際公開番号	W02005/066668		フィス ボックス 33427, スリーエ
(87) 国際公開日	平成17年7月21日 (2005.7.21)		ム センター
審査請求日	平成19年12月7日 (2007.12.7)	(74) 代理人	100099759
(31) 優先権主張番号	10/748, 396		弁理士 青木 篤
(32) 優先日	平成15年12月30日 (2003.12.30)	(74) 代理人	100077517
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100111903
			弁理士 永坂 友康

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高次反射を抑制した多層反射体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の 6 層の光線返し単位を含む多層反射フィルムであって、前記光線返し単位の少なくとも一部が 6 層シーケンス C A C D B D またはその巡回置換に配置される個別の層 A、B、C、D を含み、前記 A 層および前記 B 層は、前記 C 層および前記 D 層より光学的に厚く、前記個別の層は、関係 $n_A \cdot n_D > n_C > n_B$ または関係 $n_A > n_D > n_C \cdot n_B$ を満たす屈折率を有する、多層反射フィルム。

【請求項 2】

前記個別の層の少なくとも 1 つは複屈折性であり、前記屈折率 n_A 、 n_B 、 n_C 、 n_D は、設計波長で前記フィルムの面における軸に沿って測定される請求項 1 に記載のフィルム。

【請求項 3】

前記個別の層は、実質的に整合される前記フィルムの面に垂直な軸に沿って測定される屈折率を有する請求項 2 に記載のフィルム。

【請求項 4】

前記個別の層は、ポリマー材料から構成される請求項 1 に記載のフィルム。

【請求項 5】

前記光線返し単位は、前記フィルムの厚さ軸に沿って変化する厚さ分布を有するように配置される請求項 1 に記載のフィルム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、少なくとも第1の波長 λ_0 で光を反射するように光学的（光）繰返し単位に配置される複数の個別の層を有する多層干渉フィルムに関する。より高次、特に少なくとも2次（ $\lambda_0/2$ ）、3次（ $\lambda_0/3$ ）および4次（ $\lambda_0/4$ ）の反射率を抑制するように、光繰返し単位の中の層を配置することができる。そのようなフィルムは、赤外領域において反射率が高いことが望ましいが、可視領域全体にわたって低い反射率/高い透過率もまた望ましい場合には、赤外用途において特に有用性があるが、それだけに限られているわけではない。

【背景技術】

【0002】

多層干渉フィルムは、周知である。そのようなフィルムでは、多数の個別の層が繰返しシーケンスに配置され、層の最小繰返し構成は光繰返し単位と呼ばれ、単位セルと呼ばれることもある。隣接する個別の層は、光の少なくとも1つの偏光状態に関して不等屈折率を有する。個別の層はまた、設計波長 λ_0 未満の光学厚さを有し、個別の層の間の境界で反射される光成分の強め合う干渉または弱め合う干渉が生じ、 λ_0 で設計総反射率を形成することができるようになっている。光学厚さは、個別の層の屈折率を乗じた物理的厚さとして定義される。（材料を進む光のビームは屈折率が光ビームの偏光状態、進行方向および波長によって変化するため、この計算ではこれらの要因を考慮した材料の「有効屈折率」を用いることができる。）4分の1波長積層と呼ばれる最も簡単な場合には、従来技術のフィルムは、比較的高い屈折率材料（「H」）および比較的低い屈折率材料（「L」）からなる交互の層を含み、それぞれの材料は $\lambda_0/4$ の光学厚さを有する。そのような積層の各光繰返し単位は、ちょうど2つの隣接する個別の層、1つのHおよび1つのLから本質的になり、設計波長の2分の1の全体的な光学厚さを有する。

【0003】

しかし、そのような積層は、設計波長で光を反射するほか、図1に概略的に示す「より高次の反射波長」と本願明細書では呼ぶ設計波長の整数分の1でも反射する。線形目盛りで一般化された光学積層の法線入射の反射率対波長を簡略した形でグラフ化したその図では、1次の反射帯域100が設計波長 λ_0 で見られ、2次の反射ピークが $\lambda_0/2$ で見られ、3次のピークが $\lambda_0/3$ で見られ、4次のピークが $\lambda_0/4$ で見られる。当然のことながら、さらに高次の反射も存在するが、図示されていない。2次から始まるより高次の反射は、一般に110で示される。真の4分の1波長積層は、対称であるために偶数次数の反射帯域（ $\lambda_0/2$ 、 $\lambda_0/4$ 、 $\lambda_0/6$ など）を含まず、奇数次数の反射帯域を有する。2層光繰返し単位の中のH層およびL層は、不等光学厚さを有し、偶数次数の反射帯域はゼロではない。

【0004】

1次の反射帯域100のピーク反射率およびスペクトル幅は、設計波長でそれぞれH層、L層の屈折率 n_H 、 n_L （したがって、屈折率の差 $n = n_H - n_L$ にも左右される）および積層における光繰返し単位の総数に左右される。さらに、1次の反射帯域100のスペクトル幅を広げるために、光繰返し単位の光学厚さが積層の厚さ軸に沿って変化するように厚さの勾配を導入することは周知である。より高次の帯域の反射力（ピーク反射率および帯域幅によって決定される）は一般に、次数の増大と共に減少する。

【0005】

一部の用途では、より高次の反射帯域が望ましくない場合がある。たとえば、車両または建築物の窓用途において、 λ_0 が約800nmを上回るように、視覚的に透明な赤外反射フィルムが日照調整太陽を制御するために所望である場合には、1つ以上のより高次の反射帯域が可視領域に現れ、目視方向とともに変化する望ましくない色を付与する場合がある。

【0006】

より高次の反射帯域の少なくとも一部を抑制するための複数の技術が周知である。

【0007】

10

20

30

40

50

1つの周知の手法において、積層を通じて光線返し単位構成要素層（HまたはL）の一方を他方（それぞれLまたはH）より光学的に厚く形成することによって、4分の1波長積層のいわゆる「f比」が、50%異なる値に制御される。この手法は一部のより高次の反射帯域を抑制することができるが、同時に2次反射、3次反射および4次反射帯域を抑制することができないため、適用が制限される。

【0008】

可視領域（すなわち約700～800nmから始まる）をちょうど超えて約2000nmまで達する広い1次帯域における光を反射することが望ましいことが多いため、2次、3次および4次は総合的に重要である。4次より高次の反射帯域は一般に、スペクトルの紫外部分に収まるため、人間の可視スペクトル（400～700nm）では色合いの問題を示すことはない。2000nmにおける1次の反射帯域に関する5次の反射は400nmで現れるが、そのような反射は通常きわめて弱く、人間の眼の感度が芳しくなく、一般に気付かずに終わる可視領域の縁に配されている。

10

【0009】

別の周知の手法において、層の光学厚さシーケンスは各光線返し単位における個別の層の数が2～6に増大されるように改変される。米国特許第5,360,659号明細書（アレンズ（Arends）ら）参照。6層は依然として、H構成要素材料とL構成要素材料との間に交互に配置されるが、7:1:1:7:1:1の相対的な光学厚さに配置される。そのような構造は、2次反射、3次反射および4次反射を抑制する。

20

【0010】

さらに別の周知の手法において、HおよびLの屈折率の中間にある特定の屈折率を有する第3の光学材料（本願明細書では「M」と呼ばれる）が導入される。米国特許第5,103,337号明細書（シュレンク（Schrenk）ら）参照。米国特許第3,247,392号明細書（シーレン（Thelen））も参照。さらに、個別の層は、それぞれ1/3:1/6:1/3:1/6の相対的な光学厚さでHMLMの順序で各光線返し単位に配置され、屈折率は以下の関係を有するように選択される。

【0011】

【数1】

$$n_M = \sqrt{n_H n_L} \quad \text{式(1)}$$

30

【0012】

この手法もまた、2次反射、3次反射および4次反射を抑制する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

より高次の反射を抑制することができる構造を含む光学フィルム設計者にとって利用可能なさらに一層多層のフィルム構造に対する継続的需要がある。

40

【課題を解決するための手段】

【0014】

本願は、多層積層の光線返し単位の中に個別の層の独特の構成を有する多層フィルムを開示する。複数の光線返し単位のそれぞれは、6つの個別の層を含み、そのうちの少なくとも3つの層は、設計波長 λ_0 で異なる屈折率を有する。名目上同一の屈折率および物理的厚さ（したがって、同一の光学厚さも有する）を有する個別の層には、「A」、「B」、「C」または「D」などの一意の任意の文字表示を与えることができる。これらの層は、C A C D B Dの順序またはその巡回置換で6層光線返し単位に配置される。尚、A層およびB層はそれぞれ、C層およびD層より厚い。

【0015】

50

2次反射、3次反射および4次反射を抑制するために、そのような多層積層における層の厚さおよび屈折率を選択することができることが有利である。そのような選択を決定するための1つの技術は、光線返し単位に関する屈折率の関数 $f(X)$ を定義することを含む。式中、 X は光線返し単位に沿った光学厚さの変位であり、関数値 f はその変位における屈折率である。関数 f は、次にフーリエ解析され、個別の層の厚さおよび屈折率が調整されるか、または3つの連続したフーリエ係数がゼロとなるように他の方法で選択される。2次、3次および4次のフーリエ係数がゼロであり、 $\lambda_0/2$ で光線返し単位全体の光学厚さが維持されるのであれば、そのように定義される光線返し単位から構成される多層フィルムは、設計波長 λ_0 で光を反射するが、少なくとも2次高調波、3次高調波および4次高調波 ($\lambda_0/2$ 、 $\lambda_0/3$ および $\lambda_0/4$) における反射を抑制する。

10

【0016】

一部の実施形態において、A層およびD層は、同一の屈折率を有することができる(同一の材料から構成されることができる)。あるいは、B層およびC層は、同一の屈折率を有することができる(同一の材料から構成されることができる)。それらの場合のいずれにおいても、6つの個別の層C A C D B D (またはその巡回置換)を依然として構成する場合であっても、光線返し単位は、4つではなく、3つの光学的に異なる材料のみから構成することができる。

【0017】

他の実施形態において、6層光線返し単位は、4つの層のタイプA、B、C、Dに対応する4つの光学的に異なる材料から構成されることができる。これらの実施形態の一部では、光学材料が厚いA層およびB層の平均屈折率が薄いC層およびD層の平均屈折率に等しい、言い換えれば、 $n_A > n_D > n_C > n_B$ であるとき、 $(n_A + n_B) = (n_C + n_D)$ であるように選択される場合には、個別の層の光学厚さに関する閉形式解を得ることができる。光線返し単位における各C層が光学厚さ t_C を有し、各D層が光学厚さ t_D を有し、対称条件を満たすために、 $t_C = t_D$ である。光線返し単位におけるA層は光学厚さ t_A を有し、B層は光学厚さ t_B を有し、対称条件を満たすために、 $t_A = t_B$ である。2次、3次および4次フーリエ係数をゼロにし、多層フィルムにおける2次反射、3次反射および4次反射を抑制する閉形式関係は、以下のとおりである。

20

【0018】

【数2】

30

$$\frac{3\pi X_3}{2} = \pi - \arcsin\left(\frac{-\Delta n_{DC}}{2\Delta n_{AB} + \Delta n_{DC}}\right) \quad \text{式(2)}$$

【0019】

上式において、 $X_3 = t_A / (t_A + 2t_C) = t_B / (t_B + 2t_D)$ であり、 $n_{DC} = n_D - n_C$ であり、 $n_{AB} = n_A - n_B$ である。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0020】

明細書全体にわたって、添付図面が参照される。

【0021】

ここで、図2a~図2dに目を向けると、開示された多層フィルムと従来技術の関係をよりよく理解するために示されており、開示された構造の表示を並べた3つの周知の多層構造からなる光線返し単位の部分断面表示である。これらの図において、層の厚さは、当然のことながら著しく拡大されており、物理的厚さではなく、光学厚さを表示するために縮尺されている。いずれの場合にも、1つの光線返し単位が示されている。図2aにおいて、簡素な2構成要素の4分の1波長積層102は、1つのH層および1つのL層を有する。上述したように、そのような構造は、偶数次数の反射の抑制を行うが、奇数次数の反

50

射を抑制しない。図 2 b において、米国特許第 5, 360, 659 号明細書 (アレンズ (Arends) ら) に関して上述した 6 層の 2 構成要素積層 104 が示されている。2 つの構成材料、H および L のみが必要であるが、2 次から 4 次の反射を抑制することになっている場合には、7/18、1/18、1/18、7/18、1/18、1/18 の繰返しシーケンス (光繰返し単位の比) の相対的な光学厚さで配置される。図 2 c において、米国特許第 5, 103, 337 号明細書 (シュレンク (Schrenk) ら) に関して上述した 4 層の 3 構成要素積層 106 が示されている。この実施形態において、より高次の反射を抑制することになっている場合には、上記の式 1 によって与えられた屈折率関係を有する第 3 の構成要素材料「M」が必要とされ、さらに、層は図示されているように、1/3、1/6、1/3、1/6 シーケンス (これも光繰返し単位の比である) の相対的な光学厚さに配置されなければならない。

10

【0022】

図 2 d は、以下に述べるように、少なくとも 2 次反射、3 次反射および 4 次反射を同様に抑制することができる別の光繰返し単位構造を有する多層積層 108 を示している。この構造は、6 層光繰返し単位に配置される設計波長 λ_0 で異なる屈折率の 3 つまたは 4 つの別個の光学構成要素を用いる。別の構成要素は、図 2 d では L' および H' と標記され、 $n_H > n_{H'} > n_{L'} > n_L$ である。しかし、一部の実施形態において n_H が $n_{H'}$ に等しく、一部の別の実施形態において n_L が $n_{L'}$ に等しいことを留意されたい (たとえば、材料 A、B、C、D で $n_A > n_D > n_C > n_B$ などの別の標記の慣例も当然のことながら可能である。その場合には、 $A = H$ 、 $D = H'$ 、 $C = L'$ および $B = L$ である)。図 2 b ~ 図 2 c の構造とは対照的に、より高次の反射帯域を抑制するために必要な層の光学厚さは、1 つの固定したシーケンスではなく、3 つまたは 4 つの光学材料の屈折率の関数である。さらに、第 3 の (存在する場合には、第 4 の) 光学構成要素材料によって与えられるさらなる自由度により、上記の式 (1) によって与えられるものより材料間の屈折率関係にさらに大きな自由度を提供することができる。

20

【0023】

積層 108 の多層構造 (図 2 d) は、より高次の抑制を可能にすることができる設計の無限集合を光学フィルム設計者に提供する。この無限集合は、図 2 b の構造の限界と図 2 c の構造の限界との間の設計の違いに及ぶ。1 つの限界において、構成要素 L' が L になり、構成要素 H' が H になる場合には、 $n_{L'} = n_L$ および $n_{H'} = n_H$ であり、構造は図 2 b の 2 構成要素からなる 6 層設計に変形される。別の限界において、L' および H' が $n_{L'} = n_{H'}$ のような互いに区別可能でない状態になる場合には、構造は、図 2 c の 3 構成要素からなる 4 層構造に変形される。しかし、重要なことは、これらの限界の間の有用な積層設計の無限集合が利用可能であり、これまで知られておらず、認識されていなかったことである。

30

【0024】

少なくとも 2 次反射、3 次反射および 4 次反射を抑制するために必要な光学厚さおよび屈折率の関係は、図 3 a ~ 図 3 c に関して説明される。それらの図では、屈折率は垂直軸に、光繰返し単位の変位または位置 X は水平軸にグラフ化される。変数 X は光学厚さ光学厚さ、すなわち積層における個別の層の物理的厚さ \times それぞれの屈折率の総和で与えられ、0 および $2T$ の限界の間で示される。 $2T$ は、光繰返し単位の全体的な光学厚さである。3 つの屈折率関数 114、116、118 は、それぞれ多層積層 104、106、108 に対応する。反射帯域を広げるための厚さ勾配の有無に関係なく、通常が多層フィルムでは数十倍または数百倍繰返すことができるという理解の下で、いずれの場合にも 1 つのみの完全周期 (1 つの光繰返し単位に対応する) が示される。関数 114 および 116 は、単位セルの midpoint、すなわち位置 $X = T$ に対して逆対称性を示すように、便宜上 X 軸に沿ってシフトされている。また、以下の説明をやすくするために、単位セルにおける個別の層を識別するために、次に図 2 の H、L、M、H' および L' 標記ではなく、標記 A、B、C (関数 114 および 118 の場合には、D も含む) が、図 3 a ~ 図 3 c の各関数に追加された。任意に、図示されているように、比較的高い屈折率の比較的厚い層が「A」

40

50

と標記され、比較的低い屈折率の比較的厚い層が「B」と標記され、他の層が「C」および「D」と標記される。異なる屈折率関数に関して用いられる同一の標記の間の特定の関係を意味しているわけではないことを留意されたい。たとえば、関数 1 1 6 の n_C は、 n_A および n_B の平均として示されるが、関数 1 1 8 の n_C は、関数 1 1 8 の n_A および n_B の平均と未満として示される。

【 0 0 2 5 】

2つのより厚い層が共通の光学厚さ $t_A = t_B = X_1$ に設定され、残りの4つのより薄い層が共通の光学厚さ $(T - X_1) / 2$ に設定される場合には、関数 1 1 4 (図 3 a) は、2つの別個の屈折率 n_A 、 n_B および光線返し単位の中の6つの別個の層によって定義される。破線 1 1 4 a は、 n_A および n_B の平均を表す。

10

【 0 0 2 6 】

A層およびB層が共通の光学厚さ $t_A = t_B = X_2$ に設定され、2つのC層が共通の光学厚さ $(T - X_2)$ に設定される場合には、関数 1 1 6 (図 3 b) は、3つの別個の屈折率 n_A 、 n_B 、 n_C および4つの別個の層(そのうちの1つは光線返し単位の最初と最後の間で分割して示されている)によって定義される。破線 1 1 6 a は、 n_A および n_B の平均を表す。

【 0 0 2 7 】

2つの比較的薄い低い屈折率のC層は名目上同一であり、2つの比較的薄い高い屈折率のD層は名目上同一であるが、関数 1 1 8 (図 3 c) は最も一般的な形では4つの別個の屈折率 n_A 、 n_D 、 n_C 、 n_B によって定義される。既に述べたように、破線 1 1 8 a は、 n_A および n_B の平均を表す。C A C D B D の順序で示されているが、A C D B D C、C D B D C A、D B D C A C などの他の巡回置換に個別の層を配置することができる。

20

【 0 0 2 8 】

この関数に関して、一般に、A層の光学厚さはB層の光学厚さと異なっていてもよく、C層はD層とは異なる光学厚さであってもよい。しかし、A層およびB層はそれぞれ、C層およびD層より光学的に厚く、 $n_A > n_B$ および $n_D > n_C$ である。特殊な場合には、A層およびB層を共通の光学厚さ X_3 に設定することができ、残りのC層、D層を共通の光学厚さ $(T - X_3) / 2$ に設定することができる。また、特殊な場合には、 n_A は n_D に等しいか、 n_D は n_B に等しくてもよい。他の特殊な場合には、 n_A および n_B の平均が n_C および n_D の平均であってもよい。

30

【 0 0 2 9 】

関数 1 1 4 および 1 1 6 のフーリエ解析は、フィルム設計者には既に周知の関係を確認する。そのような解析は、示された関数の無限繰返しを前提とするが、有限であるが大数の繰返しに関する近似としても妥当である。解析は、屈折率波形として各関数 $f(x)$ を扱い、波形フーリエ係数 a_n 、 b_n を計算する。

【 0 0 3 0 】

【 数 3 】

$$f(X) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \cos\left(\frac{2\pi n X}{\Lambda}\right) + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \sin\left(\frac{2\pi n X}{\Lambda}\right) \quad \text{式 (3)}$$

40

【 0 0 3 1 】

上式において、次の関係がある。

【 0 0 3 2 】

【数 4】

$$a_n = \frac{\int_0^{\Lambda} f(X) \cos\left(\frac{2\pi nX}{\Lambda}\right) dX}{\int_0^{\Lambda} dX} \quad \text{式 (4)}$$

10

【0033】

【数 5】

$$b_n = \frac{\int_0^{\Lambda} f(X) \sin\left(\frac{2\pi nX}{\Lambda}\right) dX}{\int_0^{\Lambda} dX} \quad \text{式 (5)}$$

20

【0034】

記号 Λ は、光学繰返し長さを表し、図 3 に示されているように $2T$ に設定される。一般に、屈折率関数のフーリエ級数は、正弦および余弦から構成される。

【0035】

この解析では、所与の次数のフーリエ係数がゼロである場合には、約 1% 以下の精度内でその次数における反射力もまたゼロであることを認識するのに十分である。次式：

【0036】

【数 6】

$$c_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad \text{式 (6)}$$

30

【0037】

によって定義される 1 つのフーリエ係数 c_n を用いることによって、2 次反射の抑制のための条件は $c_2 = 0$ となり、3 次反射の抑制のための条件は $c_3 = 0$ などとなる。

【0038】

フーリエ係数の計算をより簡単にするため、および比較のため、いずれの場合にも最も高い屈折率 n_H を 1 に等しく設定することができ、最も低い屈折率 n_L を -1 に等しく設定することができる。このような態様で、すべての反射力を単位振幅の矩形の屈折率波形、すなわち標準的な 4 分の 1 波長積層に対して判定することができる。また、 $T = 1$ を任意に設定することによって、周期 $2T$ を 2 に等しいと設定することができる。この解析を用いて、関数 114 (図 3 a) は、すべての偶数次数のフーリエ係数に関してゼロ値を有する ($c_2 = c_4 = c_6 = \dots = 0$)。しかし、 $X_1 = t_A = t_B$ であるとき、関数 114 は、その 3 次フーリエ係数に関して以下の値を有する。

40

【0039】

【数 7】

$$c_3 = \frac{4(1 + 2\sin\left(\frac{3X_1\pi}{2}\right))}{3\pi} \quad \text{式 (7)}$$

【0040】

この値は、次の場合に関り、ゼロに等しい。

【0041】

10

【数 8】

$$\sin\left(\frac{3X_1\pi}{2}\right) = -0.5 \quad \text{式 (8)}$$

【0042】

$0 < X_1 < 1$ という図 3 a からのさらなる制約条件を加えない限り、無数の解が存在する。その制約条件により、以下の 1 つの解が生じる。

20

【0043】

【数 9】

$$\frac{3\pi X_1}{2} = \pi - \arcsin(-1/2) \quad \text{式 (9)}$$

【0044】

【数 10】

30

$$X_1 = \frac{7}{9} \quad \text{式 (10)}$$

【0045】

これは、従来技術の 7 1 1 7 1 1 繰返し構造からなる厚い層を定義し、残りの薄い層は $1/9$ の相対的な光学厚さを有する。上記の解析は、従来技術の 7 1 1 7 1 1 の多層構造には 2 次、3 次または 4 次反射帯域がない（より高次の偶数次数の反射帯域も同様でない）ことを確認する。

40

【0046】

関数 1 1 6 の場合には、フーリエ解析が妥当である 1 次近似では、屈折率 n_C は、 n_A および n_B の数値平均（すなわち、 $n_C = (n_A + n_B) / 2$ ）に設定される。これは、米国特許第 5, 103, 337 号明細書（シュレンク（Schrenk）ら）で教示される幾何平均（すなわち、 $n_C = \sqrt{n_A \cdot n_B}$ ）関係とは異なる。しかし、 $n_A = 1.75$ および $n_B = 1.50$ であるとき、ポリマー材料に関して相当一般的な場合には、近似は 0.3% まで正確であるか、または n_C の誤差は 0.0048 である。フーリエ解析によって予測される種々のより高次のピークの相対的な反射力もまた、略同程度まで正確である。

【0047】

50

関数 1 1 4 のフーリエ解析に類似の関数 1 1 6 のフーリエ解析もまた、関数 1 1 6 の対称性の結果として、すべての偶数次数のフーリエ係数に関してゼロ値を生じる ($c_2 = c_4 = c_6 = \dots = 0$)。3 次のフーリエ係数 c_3 もまたゼロである必要がある場合には、光学厚さ $X_2 (= t_A = t_B)$ は、以下の関係、すなわち

【 0 0 4 8 】
【 数 1 1 】

$$\frac{3\pi X_2}{2} = \pi \quad \text{式 (11)}$$

10

【 0 0 4 9 】
または
【 0 0 5 0 】
【 数 1 2 】

$$X_2 = \frac{2}{3} \quad \text{式 (12)}$$

20

【 0 0 5 1 】

を満たさなければならない。これにより、従来技術のよく知られている $1/3$ 、 $1/6$ 、 $1/3$ 、 $1/6$ からなる繰返し構造を生じる。したがって、フーリエ解析は、HMLM の従来技術の多層構造には 2 次反射帯域、3 次反射帯域または 4 次反射帯域がない (より高次の偶数次数の反射帯域も同様にない) ことを確認する。

【 0 0 5 2 】

ここで、図 3 c の関数 1 1 8 に目を向けると、そのような関数に対応する一般化された 6 層積層が構成されることができ、所望であれば、 λ_0 で 1 次の光を反射すると同時に、2 次、3 次および 4 次などの 3 つの連続するより高次の反射を抑制するために設計できることが今では分かっている。関数 1 1 8 を定義している種々の変数は、通常選択されるか、または異なる層タイプ A、B、C、D の物理的厚さおよび / または屈折率などの他の方法で調整されることができる。一般に関数 1 1 8 に関して上述した制約条件の中でこの調整機能によって提供される自由度は、光繰返し単位が反射されることになっている設計波長 λ_0 の 2 分の 1 の光学厚さを有するという条件と共に、3 つの連続するより高次の反射を抑制するために用いられることができる。関数 1 1 8 を定義している変数に関する初期条件の集合からはじめ、光波長 λ_0 および $\lambda_0/2$ 、 $\lambda_0/3$ 、 $\lambda_0/4$ などの 3 つの連続するより高次の反射で、対応する光繰返し単位の反射率を計算し、そのようなより高次における反射率が初期の用途のために十分に小さい変数値の集合 (すなわち、この用途の目的ではゼロ) を求めるように変数を体系的に調整することによって、これを達成することができる。3 つの連続フーリエ係数 c_n をゼロにする関数 1 1 8 に関する変数値の集合を求めることによって、3 つの連続するより高次の反射の抑制もまた、達成することができる (上記の式 3 ~ 式 5 と合わせて式 6 を参照)。

30

40

【 0 0 5 3 】

一般化された屈折率関数 1 1 8 の特殊な場合が、屈折率関数 1 2 0 として図 4 a に示されている。ここで再び繰り返すが、個別の層は、C A C D B D の巡回置換に配置され、層 A および B はそれぞれ、C 層および D 層より大きい光学厚さを有し、 $n_A > n_B$ および $n_D > n_C$ である。関数 1 2 0 において、以下のさらなる条件もまた、満たされる。

【 0 0 5 4 】

50

【数 1 3】

$$n_A + n_B = n_C + n_D \quad \text{式 (13)}$$

【0 0 5 5】

【数 1 4】

$$t_A = t_B = X_3 \quad \text{式 (14)}$$

10

【0 0 5 6】

【数 1 5】

$$t_C = t_D = (T - X_3)/2 \quad \text{式 (15)}$$

【0 0 5 7】

20

言い換えれば、A層およびB層の平均屈折率（図4aでは線120aとして示される）は、C層およびD層の平均屈折率に等しく、A層の光学厚さはB層の光学厚さに等しく、C層およびD層の光学厚さもまた互いに等しい。便宜上、 $T = 1$ のように光学厚さを正規化するが、屈折率 n_C および n_D が平均屈折率とはどれほど異なるかの尺度として、正規化された変数（図4aに示される）を定義する。

【0 0 5 8】

【数 1 6】

$$\delta = \frac{2n_D - (n_A + n_B)}{n_A - n_B} = \frac{(n_A + n_B) - 2n_C}{n_A - n_B} \quad \text{式 (16)}$$

30

【0 0 5 9】

したがって、 n_D が n_A に近づくと（および n_C が n_B に近づくと）、 δ は1に近づく。他方、 n_D および n_C が互いに近づく（これらは平均屈折率120aに近づく）と、 δ は0に近づく。

【0 0 6 0】

上記の条件は、光学厚さ位置 $X = T$ および平均屈折率に対して関数120に対称性を与える。この対称性のために、上記の式3から関数120に関するすべての偶数次数のフーリエ係数がゼロである（ $c_2 = c_4 = c_6 = \dots = 0$ ）。また、関数120に関する3次の係数 c_3 がゼロに等しい必要がある場合には、以下の関係を得る。

40

【0 0 6 1】

【数 1 7】

$$\frac{3\pi X_3}{2} = \pi - \arcsin\left(\frac{-\delta}{1+\delta}\right) \quad \text{式 (17)}$$

50

【0062】

= 1のような限界では、4構成要素系は $n_D = n_A$ および $n_C = n_B$ を有する2構成要素系に縮退し、式(17)は式(9)に変形され、よく知られた711711多層構造を生じる。 $= 0$ のような対向する極値で、4構成要素系は $n_D = n_C = n_M$ を有する3構成要素系に縮退し、式(17)は式(11)に変形され、よく知られたHMLM多層構造を生じる。

【0063】

しかし、そのような限界の間、すなわち $0 < < 1$ の場合には、4構成要素多層積層の全系列が利用可能であり(光線返し単位当たり6つの光学層を有する)、2次の反射帯域、3次の反射帯域または4次の反射帯域を示さないほか、より高次の偶数次数の反射帯域も示さない。

10

【0064】

ここで、図4bに目を向けると、図3cのより一般的な波形118の別の特殊な場合を示す別の屈折率関数122がある。破線122aは、屈折率 n_A および n_B の平均を示す。既に述べたように、関数122に関連する個別の層は、CACDBDの巡回置換に配置され、層Aおよび層BはそれぞれC層およびD層より大きい光学厚さを有し、 $n_A > n_B$ および $n_D > n_C$ である。関数122において、以下のさらなる条件もまた、満たされる。

【0065】

【数18】

$$n_B = n_C \quad \text{式(18)}$$

20

【0066】

【数19】

$$n_A \neq n_D \quad \text{式(19)}$$

30

【0067】

言い換えれば、薄い低い屈折率層は、厚い低い屈折率層と同一の屈折率を有する。これは、B層およびC層の形成において同一の光学材料を用いることによって生じてよい。その場合には、光線返し単位は、本質的に3つの別個の光学材料、すなわちA層に1つの光学材料、B層およびC層に別の光学材料、D層にさらに別の光学材料からなる。($n_A = n_D$ および $n_B = n_C$ の場合、すなわちA層およびD層に1つの光学材料が用いられ、別の光学材料がB層に用いられ、さらに別の光学材料がC層に用いられる場合に、類似の状況が生じうる。) これに関して、そのような組成のより厚い層とより薄い層との間のモルフォロジの相違が設計波長で不等屈折率を生じる場合には、同一の化学組成の2つの光学材料に関して別個である可能性もありうる。そのようなモルフォロジの相違は、無機材料の蒸着中または多層ポリマーフィルムの延伸中に生じてよい。

40

【0068】

そのように定義された屈折率関数122は、屈折率関数120に関して上述した類の対称性に欠ける。それにもかかわらず、屈折率関数122に関してフーリエ係数 c_n に関する一般式(上記の式6)は、以下のように示すことができる。

【0069】

【数 2 0】

$$c_n = -\frac{2[\sin(n\pi) - 2\sin(n\pi t_A/2) + (1+h)\{\sin(n\pi(t_C + 0.5*t_A)) - \sin(n\pi(t_D + t_C + 0.5*t_A))\}]}{n\pi}$$

式 (20)

【0070】

ここで、変数 h が

【0071】

【数 2 1】

$$h = \frac{2n_D - (n_A + n_B)}{n_A - n_B} \quad \text{式 (21)}$$

【0072】

であり、厚い低い屈折率 B 層の光学厚さ t_B が別の光学厚さから

【0073】

【数 2 2】

$$t_B = 2T - t_A - 2t_C - 2t_D \quad \text{式 (22)}$$

【0074】

として計算され、光学厚さ t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D は $T = 1$ であるように縮尺されるか、または正規化される。対称性の欠如にもかかわらず、非対称性が一般に、無数のより高次の偶数次数の反射を抑制することはできないとしても、 h の所与の値に関して、3つの独立変数 t_A 、 t_C 、 t_D は 2 次、3 次および 4 次などの 3 つのより高次の反射をゼロに同時に調整されることができる。

【0075】

関数 122 によって具体化される非対称タイプの特定の実施例として、 h は 0.5 であるように選択された。初期変数の集合 t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D が選択され、計算された 2 次、3 次および 4 次のフーリエ係数がすべてゼロである場合の値を求めるように、これらの変数のうち 3 つの変数が体系的に調整された。結果として生じる正規化された光学厚さ値は、

$$t_A = 0.7684$$

$$t_B = 0.7436$$

$$t_C = 0.0895$$

$$t_D = 0.1545 \text{ であり、}$$

これらは、2 次、3 次および 4 次における計算された反射率もまたゼロである積層を結果として生じた。

【0076】

関数 122 によって具体化される対称タイプの別の特定の実施例として、 h は 0.3 であるように選択された。初期変数の集合 t_A 、 t_B 、 t_C 、 t_D が選択され、計算された 2 次、3 次および 4 次のフーリエ係数がすべてゼロである場合の値を求めるように、これらの変数のうち 3 つの変数が体系的に調整された。結果として生じる正規化された光学厚さ値は、

$$t_A = 0.7594$$

$$t_B = 0.7214$$

$$t_c = 0.0739$$

$$t_D = 0.1857$$

であり、これらは、2次、3次および4次における計算された反射率もまたゼロである積層を結果として生じた。当然のことながら、この実施例および $h = 0.5$ である場合の上記の実施例は、光繰返し単位における個別の層に関する実際の光学厚さの値に達するように、4つの計算された正規化された厚さ値に単に倍率を掛けることによって、任意の所定の設計波長 λ_0 に容易に適用可能である。

【0077】

上記に示されているように、3つの連続するより高次の高調波を同時に抑制するように、図2dにおいて一般に示される6層繰返し構造における厚さおよび屈折率の値を選択することができる。しかし、分散のために、より高次の波長のそれぞれにおける屈折率は、設計波長 λ_0 における値とは異なっている場合もあり、3つの次数すべてを同時に正確に抑制することは困難である。それにもかかわらず、3つの次数すべてを適切に抑制するように繰返し構造における6層を調整することができる。3つの次数の相対的な抑制は、製品仕様に左右される可能性がある。

【0078】

本願明細書に記載される多層積層は、真空環境でガラスまたは他の基板の上に順次蒸着されるような従来の無機材料から構成されることができる。そのような無機材料の例は、 TiO_2 、 SiO_2 およびそれらの混合物が挙げられるが、決してそれらに限定されるわけではない。無機真空蒸着の当業者には周知の他の材料もまた、適している。あるいは、本願明細書に記載される多層積層は、ポリマーなどの有機材料から構成されることができる。一般例としては、ポリエチレンナフタレート(PEN)、co-PEN、ポリエチレンテレフタレート(PET)、co-PET、ポリメチルメタクリレート(PMMA)およびシンジオタクチックポリスチレン(sPS)が挙げられる。そのようなポリマー多層積層に関する周知の製作技術は、米国特許第6,783,349号明細書(ネーヴィン(Neavin)ら)に記載したような多層フィードブロックにおけるポリマーの同時押し出し成形が挙げられる。同時押し出し成形フィルムは一軸または二軸方向に延伸されることができ、1つ以上の直交方向において1つ以上のポリマー層の厚さおよび/または屈折率を改変することができる。斜め入射角でp偏光の所望の反射率を達成するために、平面外の屈折率(z屈折率)関係を選択することをはじめとする説明を含む米国特許第5,882,774号明細書(ジョンザ(Jonza)ら)を参照されたい。これは、実質的に整合するか、またはそのような光学層の間の平面内の屈折率の差の0.5または0.25以下などの量だけ異なるように、隣接する光学層のz軸屈折率を選択するか、または平面内の軸に沿ってz軸の屈折率の差を屈折率の差に対する対向する符号であるように選択する技術を含む。本願明細書に開示される多層設計の考慮事項は、反射多層偏光体の場合のように1つのみの平面内の方向においてフィルムに適用可能であるか、または2つの直交する平面内の方向においてフィルムに適用可能である。さらに、多層設計の考慮事項はまた、ポリマーであるかどうかであるかに関係なく、その光学層が等方性の屈折率を有する光学材料から全体が構成される多層フィルムにも適用可能である。

【0079】

図2、図3および図4に示されているように、層の間の鮮明な境界は常に実現可能ではなく、必ずしも望ましいとはいえない。鮮明な境界を維持することが重要であると考えべきではない。丸みを帯びた矩形波の分布もまた、所望の1次の反射率を形成し、より高次の反射帯域の抑制を行うことができる。これに関連して、2つの別個の材料間の相互拡散を生じ、別個の第3の光学層を形成することができる。光学的には、混合層は、異なる屈折率を有する場合には、構成要素のいずれかとは異なる材料としての挙動を示す。したがって、開示された実施形態に示される1つ以上の別個の光学層は、隣接する光学層からの材料の混合または相互拡散を含みうる。

【0080】

多層フィルムは、光繰返し単位のすべてまたは実質的にすべてが1つのタイプ、図2d

10

20

30

40

50

、図3c、図4aまたは図4bに示されたタイプの1つなどであるように構成されることができる。あるいは、多層フィルムは、2つ以上のそのような光線返し単位タイプを含む。さらに別のハイブリッドフィルムは、図2a、図2bまたは図2cに示されるような1つ以上の従来の光線返し単位タイプと合わせた図2d、図3c、図4aまたは図4bに示された1つ以上の光線返し単位タイプを含むように構成されることができる。同一タイプの光線返し単位は、パッケージにグループ化することができ、異なるパッケージは、保護境界層または他の光学的に厚い透明な材料によって分離することができる。

【0081】

本願を通じて、数式が提供される。そのような式はまた、等号の左側の量が等号の右側の量に正確に等しくない関係を含むことを意図しているが、本願明細書の教示による所望の最終結果を達成するのに十分なほど近い。

10

【0082】

本発明は好ましい実施形態を参照して記載してきたが、当業者は、形態および詳細に変更を加えることができ、本発明の範囲は等価物の原則下で与えられる保護範囲を含め、本願に添付された特許請求の範囲の完全な範囲によってのみ制限されることを認識されたい。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】反射率対波長の簡略化され理想化されたグラフであり、一般化された多層積層によって形成される反射帯域および付随するより高次の反射帯域を示したグラフである。

20

【図2a】多層光学フィルムにおいて用いられる従来技術の光線返し単位の部分断面図である。

【図2b】多層光学フィルムにおいて用いられる従来技術の光線返し単位の部分断面図である。

【図2c】多層光学フィルムにおいて用いられる従来技術の光線返し単位の部分断面図である。

【図2d】本願明細書に述べるような光線返し単位の部分断面図である。

【図3a】光線返し単位の厚さ軸に沿った屈折率対位置のグラフである。

【図3b】光線返し単位の厚さ軸に沿った屈折率対位置のグラフである。

【図3c】光線返し単位の厚さ軸に沿った屈折率対位置のグラフである。

30

【図4a】図3cに示されるさらに一般的な屈折率関数の特殊な場合である、屈折率関数の別のグラフである。

【図4b】図3cに示されるさらに一般的な屈折率関数の特殊な場合である、屈折率関数の別のグラフである。

【 図 1 】

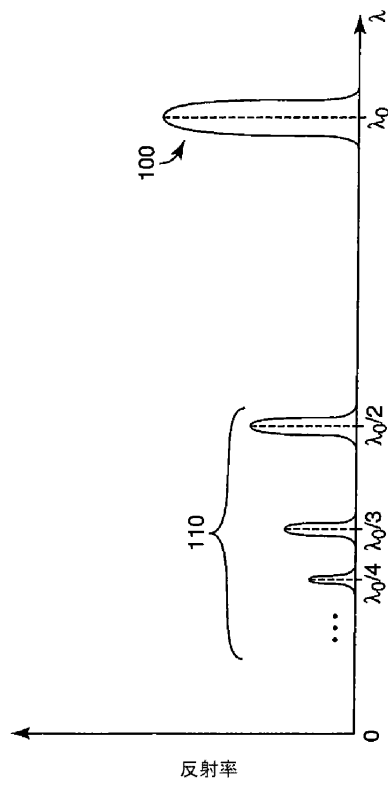


FIG. 1

【 図 2 a 】

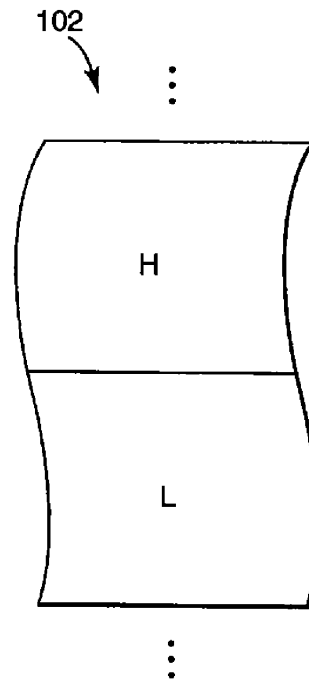


FIG. 2a
先行技術

【 図 2 b 】

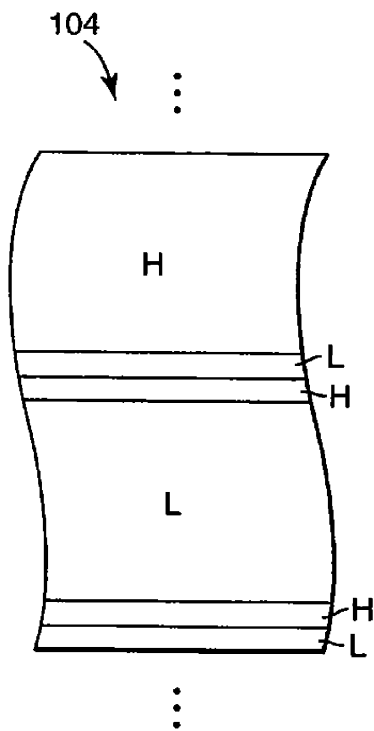


FIG. 2b
先行技術

【 図 2 c 】

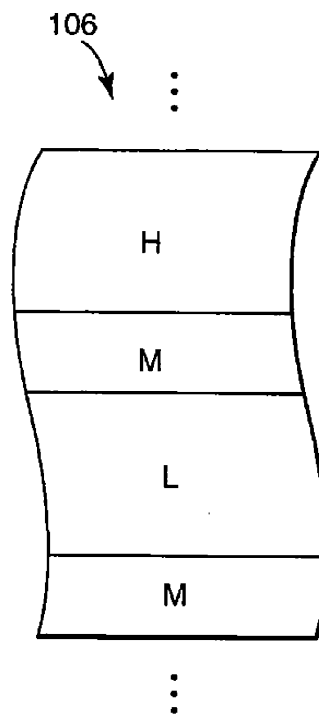
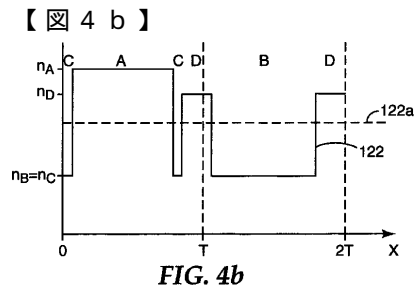
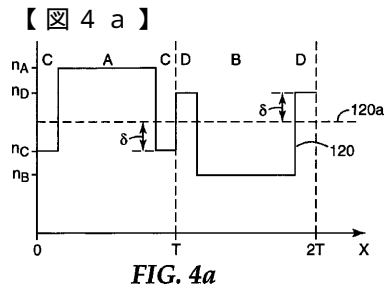
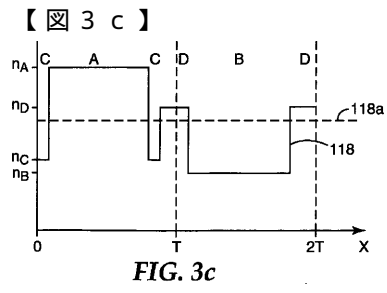
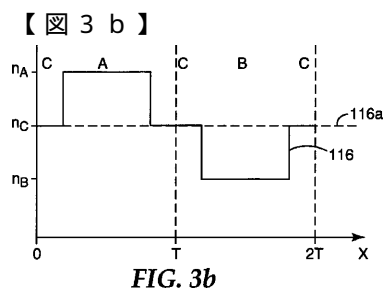
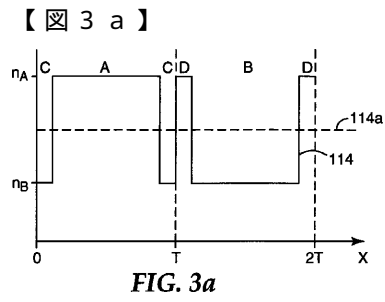
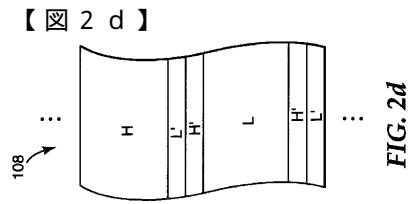


FIG. 2c
先行技術



フロントページの続き

(72)発明者 ウェーバー, マイケル エフ.
アメリカ合衆国, ミネソタ 55133-3427, セント ポール, ポスト オフィス ボック
ス 33427

審査官 外川 敬之

(56)参考文献 特開2003-302520(JP, A)
特開2002-107505(JP, A)
特開昭63-074005(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/26

G02B 5/08

G02B 5/28