

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-133473

(P2004-133473A)

(43) 公開日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
GO2B 6/00	GO2B 6/00 391	2H046
GO2B 3/00	GO2B 3/00 B	2H047
GO2B 6/04	GO2B 6/04 F	2H050
GO2B 6/12	GO2B 6/12	
GO2B 6/18	GO2B 6/12 N	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2003-353955 (P2003-353955)	(71) 出願人	590000846
(22) 出願日	平成15年10月14日 (2003.10.14)		イーストマン コダック カンパニー
(31) 優先権主張番号	10/269628		アメリカ合衆国, ニューヨーク14650
(32) 優先日	平成14年10月11日 (2002.10.11)		, ロチェスター, ステイト ストリート3
(33) 優先権主張国	米国 (US)		43
		(74) 代理人	100099759
			弁理士 青木 篤
		(74) 代理人	100077517
			弁理士 石田 敬
		(74) 代理人	100087413
			弁理士 古賀 哲次
		(74) 代理人	100102990
			弁理士 小林 良博
		(74) 代理人	100082898
			弁理士 西山 雅也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ナノ粒子により誘発された屈折率勾配を有する導波路

(57) 【要約】

【課題】 導波路の効率、性能及び品質を改良すること。

【解決手段】 光の伝搬のための細長いチャネルを含む光学要素であって、前記チャネルが、光透過性高分子中心コアと、さらに多層粒子を含み、前記粒子の大部分が1 μm未満の最長寸法及び1000:1~10:1の最長寸法対最小寸法のアスペクト比の両方を有しており、前記粒子が、前記平面内で屈折率勾配が生じるように、前記チャネルの長手方向に対して垂直な平面の少なくとも一部に濃度差を成して配列されていることを特徴とする光学要素。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光の伝搬のための細長いチャネルを含んで成る光学要素であって、前記チャネルが、光透過性高分子中心コアと、さらに多層粒子を含み、前記粒子の大部分が $1\ \mu\text{m}$ 未満の最長寸法及び $1000:1\sim 10:1$ の最長寸法対最小寸法のアスペクト比の両方を有しており、前記粒子が、前記平面内で屈折率勾配が生じるように、前記チャネルの長手方向に対して垂直な平面の少なくとも一部に濃度差を成して配列されていることを特徴とする光学要素。

【請求項 2】

前記中心コアが平面形状を成す請求項 1 記載の光学要素。

10

【請求項 3】

前記中心コアの中心から外縁部に向かって減少する示差屈折率を提供するように、前記中心コアが、濃度勾配を成す層状粒子を含む、請求項 2 記載の光学要素。

【請求項 4】

前記中心コアの片側又は両側にクラッド層をさらに含む請求項 2 記載の光学要素。

【請求項 5】

前記クラッド層が不透明である請求項 3 記載の光学要素。

【請求項 6】

前記クラッド層が前記中心コアよりも低い屈折率を有する請求項 3 記載の光学要素。

【請求項 7】

前記中心コアが円筒形である請求項 1 記載の光学要素。

20

【請求項 8】

前記濃度勾配が線形の変化率を示す請求項 1 記載の光学要素。

【請求項 9】

前記濃度勾配が指数関数的な変化率を示す請求項 1 記載の光学要素。

【請求項 10】

前記濃度勾配が中心軸から前記外縁部に向かって線形に減少する請求項 1 記載の光学要素。

【請求項 11】

前記多層粒子が $0.5\sim 10\ \text{nm}$ の平均厚さを有する請求項 1 記載の光学要素。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、濃度勾配を成して配列された横方向寸法 $1\ \mu\text{m}$ 未満の層状粒子を含有する導波路、前記導波路を製造する方法、及び前記導波路を使用するディスプレイスクリーンに関する。

【背景技術】

【0002】

光学スクリーンは典型的には、スクリーン上に画像を投影するための陰極線管 (CRT) を使用する。標準的なスクリーンは、 $4:3$ の幅対高さ比を有し、垂直解像度が 525 本である。スクリーン全体にわたって水平方向及び垂直方向の双方で電子ビームを走査し、これにより、集まって画像を形成する多数の画素が形成される。

40

【0003】

従来陰極線管は、サイズに実際上の制限があり、必要な電子銃を収容するために比較的深い奥行きを有する。典型的には種々の画像投影形態がある大型スクリーンを利用することができる。しかし、このようなスクリーンは、例えば視野角、解像度、明るさ及びコントラストが限られているという、スクリーンを見る上での種々の欠点を有している。そしてこのようなスクリーンは典型的にはその重量及び形状の点で比較的扱いにくい。さらに、画面コントラストを改善するために、いかなるサイズのスクリーンも黒く見えることが望ましい。しかし、直視型 CRT が実際に黒いことは不可能である。なぜならば、直視

50

型CRTは、画像を形成するために蛍光物質を利用し、それらの蛍光物質は黒色ではないからである。

【0004】

画像を見るのに使用される光学パネルは、導波路を積み重ねることにより形成することができる。このようなパネルはその高さ及び幅と比較して奥行きが浅くてよい。また導波路のクラディングを黒くして、これにより黒い表面積を増大することができる。光透過に導波路要素(waveguide component)が利用されることが当業者に知られている。さらに、導波路が透明な中心コアを有し、この中心コアが、より低い屈折率の第2の材料でクラディングされることも当業者に知られている。この導波路内で光の全内部反射を可能にするために、中心コアの屈折率はクラッドよりも高い。屈折率の差を調整することにより、入射光の受光角(acceptance angle)を変化させることができる。屈折率の差が大きくなればなるほど、入射光の受光角は大きくなる。

10

【0005】

関連する研究において、米国特許第6,307,995号明細書には、平面状光導波路における勾配屈折率が開示されており、この導波路内では、コア材料はフッ素化ポリマー、シリコン、シリカ、ポリテトラフルオロエチレン及びその他の材料を含む。この特許明細書は或る特定の濃度勾配を開示しているが、勾配をいかにして形成するかといった実際的な開示はされていない。

【0006】

しかし、ステップ・インデックス・クラッド型(step index cladding type)の光導波路は、幾つかの重大な欠点を有する。ステップ・インデックス・クラッド型導波路を使用して大型光学パネルを形成するのに際して、多数の層を互いに積み重ね、そして互いに接着させる。典型的な50インチのダイアゴナル・スクリーンの場合、互いに接着される導波路の数は数百又は数千にもなる。薄いポリマーの多くのストリップを取扱い、切断することは極めて難しい。コアとクラッドとの間の屈折率に差がある材料同士の適合性には限りがある。このことは、層間の不十分な接着のような問題を招くおそれがある。このような不適合性は、層間の界面に関わる問題、例えばエアギャップ、粗い面、又は層分離を引き起こすことがある。このような種類の問題は、コア層と周りのクラディング層との間の界面で光が跳ね返るたびに光の損失をもたらすおそれがある。光導波路内での跳ね返り毎の光の損失は小さなものではあるが、光線はコア層を横切るのにもなって、何度も跳ね返されることがある。従って光学パネルで発生する光損失の量は、光学パネルの効率及び性能全体、並びに、画像の明るさ及び鮮鋭さのような品質に、重大な弊害をもたらすようになる。導波路のコアとクラディングとの間に不連続的な段又は境界がある場合、入射光の角度を制御することが重要である。鋭角を成して導波路に入射する光は、より斜角を成して入射する光よりも、クラディング層内に深く浸透するのが典型的であり、従って散乱される確率が高く、その結果、光の損失が生じる。導波路内で光を徐々に旋回させ、従って散乱による損失を最小限に抑える方法があれば有用であろう。

20

30

【0007】

所望のデルタ屈折率と層間の十分な接着性とを提供し、周囲室内光を吸収できる材料であって、しかもコアとクラッドとの間で組み合わせて使用することのできる材料の数は限られているので、光学的特性及び物理的特性の双方が最適化されるように、ポリマーの屈折率を制御もしくは変更する手段を得ることが重要である。米国特許第6,002,826号、第6,301,417号及び第6,307,995号に記載された種類のステップ・インデックス・クラッド型導波路の場合、2つの異なる材料間の屈折率差を制御又は変更するか、又は、同じポリマーの屈折率を変更することが重要である。差が余りにも大きい場合、スクリーンの周囲光受容度が大きくなり、黒く見えなくなる。屈折率制御の改善、並びに、使用可能な材料の選択幅の拡大が依然として必要である。

40

【0008】

ステップ・インデックス・クラッド型の光導波路を使用することの別の欠点は下記の通りである。コア層に入射した光が2以上の異なる波長を含む場合、色分散(chromatic di

50

spersion)として知られている現象が生じる。光の各波長部分が僅かに異なる速度で伝搬することになり、その結果、僅かに異なる角度で光が導波路コアから出ることにより、画像のカラークオリティーが悪くなるおそれがある。これは、光学パネルの出口面における光射出角が、入力光成分の波長又は色に依存することを意味する。このことから想像できるように、この現象は、コア層を通る光線の光路長が増大すると、さらに強まる。ステップ・インデックス・クラッド型の光導波路を使用した光学パネルに発生する色分散は、光学パネルの性能、並びに画像品質(例えば色、鮮鋭さなど)にも別の重大な弊害をもたらす。

【0009】

豊田中央研究所で行われた独創性に富む業績以来、産業界では、ポリマー-粘土・ナノ複合材料に多くの関心が集まっている。ポリマーの性能を高めるために添加剤として無機ナノ粒子を使用することはこれまで確立されている。過去10年程度の間、性能向上用添加剤として無機ナノ粒子を使用することに対する学術分野及び産業界での関心がますます高まっている。これらのナノ複合材料の他に類のない物理的特性は、自動車業界、包装業界及びプラスチック製造のような様々な産業界で調査されている。これらの特性としては、弾性率及び引張強さなどの高い機械的特性、線形熱膨張率及び熱変形温度などの熱的特性、バリアー特性(例えば、酸素及び水蒸気透過率)、耐燃性、磨耗性、又は溶剤の取り込みが挙げられる。関連する従来技術のいくつかは、米国特許第4,739,007号、第4,810,734号、第4,894,411号、第5,102,948号、第5,164,440号、第5,164,460号、第5,248,720号、第5,854,326号及び第6,034,163号に示されている。

【0010】

一般的に、これらのナノ複合材料の場合の物理的特性の向上は、典型的には粘土又は有機変性された粘土である無機相を20容量%未満、通常10容量%未満で添加することにより達成される。これらの向上は、無機相のナノスケール分散に関係する一般的な現象であるようであるが、特性の向上の程度はあらゆるポリマーで普遍的なわけではない。特性の向上は、ポリマーマトリックス中の無機相のモルフォロジー及び分散の程度に非常に大きく依存すると考えられている。

ポリマー-粘土・ナノ複合材料中の粘土は、理想的には、以下の3つの構造をとると考えられる:(1)粘土格子中に有機物が挿入されずに粘土粒子が対面して凝集(face-to-face aggregation)している粘土タクトイド;(2)粘土格子が、格子の長距離秩序を保ったまま、個々のポリマー鎖の挿入による熱力学的に決まる平衡間隔に広がったインターカレートされた粘土;及び(3)単一の粘土小板状体が、粘土格子中へのポリマーの甚だしい滲入とその後の層間剥離(delamination)によりポリマー中にランダムに懸濁されている膨潤した粘土。先に示したように、ポリマー-粘土・ナノ複合材料の最大の特性の向上は、後者の2つの構造の場合に得られると予測される。ナノ粘土を用いた研究の殆どは、物理特性改変を目的として行われている。それゆえ、使用可能な材料の選択幅を広げるようにコアとクラッドとの間の屈折率を明確に制御できる導波路が必要とされている。

【0011】

【特許文献1】米国特許第5,854,326号明細書

【特許文献2】米国特許第6,002,826号明細書

【特許文献3】米国特許第6,034,163号明細書

【特許文献4】米国特許第6,301,417号明細書

【特許文献5】米国特許第6,307,995号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

光損失に起因する効率の問題並びに色分散の問題がある導波路を改善する必要性が依然としてある。本発明は、勾配屈折率を有するコア材料を含む複数の光学パネル用平面状光導波路を提供することによって、従来技術が抱える問題、例えばステップ・インデックス・クラッド型光導波路内での光の不連続的な跳ね返りによる光損失、及び、ステップ・イ

10

20

30

40

50

ンデックス・クラッド型の光導波路を使用した場合に生じる色分散の不都合な効果に由来する効率、性能及び品質の低下を解決する。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明は、光の伝搬のための細長いチャネルを含んで成る光学要素であって、前記チャネルが、光透過性高分子中心コアと、さらに多層粒子を含み、前記粒子の大部分が1 μm未満の最長寸法及び1000:1~10:1の最長寸法対最小寸法のアスペクト比の両方を有しており、前記粒子が、前記平面内で屈折率勾配が生じるように前記チャネルの長手方向に対して垂直な平面の少なくとも一部に濃度差を成して配列されていることを特徴とする光学要素を提供する。本発明はまた、前記導波路を使用した画像形成法、及び前記導波路を内蔵するディスプレイを提供する。

10

本発明は、効率が改善された光搬送手段を提供する。

【0014】

本発明は数多くの利点を有する。本発明は、中心の透明高分子チャネルから外側に向かう屈折率変化をもたらす濃度勾配を生じるように、ポリマーと効果的に組み合わせることができる粒度1 μm未満の層状粒子を提供する。このような材料は、光学要素の形成、例えば光を屈折させるために勾配屈折率を使用する光学パネルの形成に極めて有用である。層状粒子は典型的には、天然物であるか合成物である一般的な種類のスメクタイト物質に属するインターカレートされた粘土である。層状粒子の濃度が増加するにつれて、屈折率は減少し、また、ポリマー層内に濃度勾配を形成することにより、屈折率は濃度の関数として変化する。

20

【0015】

本発明の目的上、図1に示すステップ型導波路11は、透明コア14を有し、上側ではクラッド12によって、下側ではクラッド16によって取り囲まれている。これらのクラッド12, 16は、透明コアよりも屈折率が低く、ブラックライト吸収性材料を含み、接着剤も含む。コアの屈折率はいずれのクラッドよりも高い。クラッド12及び16が、ほぼ同じ屈折率を有していることが好ましい。図1に示す導波路は、透明コア14では一貫して均一な屈折率を有し、そしてクラッド12及び16では、透明コアよりも低いしかし均一な屈折率を有している。図2に示す別のタイプの導波路の場合、透明コア24のそれぞれの側に、クリアな上側クラッド層22と、クリアな下側クラッド層26とが設けら

30

れている。層22及び26はコア24よりも屈折率が低い。クラッドキャップ層20及び28は、黒色接着剤層である。

【0016】

図2に示すように、光線30が導波路のコアに入射すると、この光線は、コア24と上側クラッド22とによって形成された界面まで進む。クラッド22がコア24よりも屈折率が低く、光が臨界角未満である場合、この光はコアの方に全内部反射され、その光は、次いでコア24と下側クラッド26との界面に当たるまで伝搬する。こうして、この光は複数のセグメントに分かれ、これらのセグメントはクラッドで反射され、透明コア中を伝搬する。この光は反射される前に短い距離だけクラッド内を進む。光散乱を引き起こすおそれのある粗さ又は大きな粒子が存在する場合、光の一部は失われ、反射してコア24内

40

に戻らない。このことは導波路の効率を低下させる。

【0017】

簡単な表現で、導波路の動作は、図3を参照することにより部分的に理解することができる。導波路に入射する光波は屈折させられてクラッド内に入り、減衰(吸収)されるか、又は、コア/クラッド境界で全内部反射させられる。このようにして、光は導波路の長手方向に沿って伝搬する。光が透明コアに入射して全内部反射によって伝搬することができる最大角度を受光角と呼ぶ。図3は、層状粒子の濃度勾配を有する勾配導波路である。この導波路の中心における層状粒子濃度は、外面における層状粒子濃度よりも低い。その結果、光が中心から外面に進むにつれて、濃度は漸増し、従って屈折率は漸進的に低下する。屈折率が徐々に変化するので、光は中心に向かって向き直されるにつれて、ゆっくり

50

と曲げられることになる。このようなデバイスは損失が少なくなり、従って、導波路に入射する光のより多くを透過させることになる。

【0018】

このように、コア40内に勾配屈折率を有する導波路41は、勾配屈折率導波路である。光線44は空気又はその他の媒体から導波路に入射し、そして光線42は、導波路の長手方向に沿って伝搬するに従って、徐々にコア内で旋回させられる。上側クラッド層46は、勾配コアよりも屈折率が低く、ブラックライト吸収性材料を含み、接着剤も含む。下側クラッド48は、勾配コアよりも屈折率が低く、ブラックライト吸収性材料を含み、接着剤も含む。

【0019】

材料に入射する光の挙動は、基本的にはその材料の特性によって制御される。おそらく、導波にとって最も重要な特性は、屈折率という語であると考えられる。ある材料の屈折率は、媒体中での電磁波伝搬速度に対する真空中での電磁波伝搬速度の比である。ある物質の屈折率(n)は、

$$n = V_v / V$$

のように定義される。この式中、 V_v は真空中での光速であり、 V は物質中での光速である。一般的に、光は物質に入射すると速度が減少し、従って屈折率は常に1よりも大きくなる。たいていの材料の屈折率は1.32~2.40であり、1.40~1.80の値が本発明にとって最も妥当である。なお、幾種かの材料の屈折率は全ての方向において必ずしも同じでないことに注意すべきである。材料の内部対称性は、層内での原子の配向性を反映したものである。原子の配列は、光がどの程度に材料と相互作用するかを決定する。挙動の2つの基本タイプを示す：

1. 等方性 - 光が結晶のどこで入射するかとは無関係に、全ての方向における同じ特性(屈折率)が、同じ物理特性を示す。

2. 異方性 - 異なる方向において異なる特性(異なる屈折率)を有する。これらの材料は、シートの長手方向及び幅方向において2つの屈折率を有する一軸性材料であるか、又は、3つの屈折率によって特徴付けられる二軸性材料である。これらの材料は、材料の厚さ方向に広がる平面内に第3の屈折率を加える。

【0020】

導波路に入射する光はスネルの法則に従う。幾何光学のスネルの法則は、屈折境界、例えば空気-ガラス界面又は2つの異種ポリマーの界面に、非垂直角度で光線が当たるときに生じる曲げの量を規定する。スネルの法則についての下記の論議において、 n_a は、光線が伝搬する材料の屈折率であり、 θ_i は、光線が境界に当たる際の、屈折境界での法線に対する光線の角度であり、 n_r は、屈折光線が伝搬する材料の屈折率であり、そして θ_r は、屈折光線が伝搬する際の、屈折境界での法線に対する光線の角度である。光線及び屈折光線は、同一平面内を、入射点における法線の両側で伝搬する。光線が低屈折率の材料から高屈折率の媒体中に伝搬する場合、この光線は法線に向かって曲げられる。光線が高屈折率の媒体から低屈折率の媒体中に伝搬する場合、この光線は法線から離れる方向に曲げられる。光線が高屈折率の材料内を低屈折率の材料に向かって、スネルの法則によれば屈折光線の正弦が1よりも大きいこと(数学的に不可能)が要求されるような角度で伝搬する場合、結果として、「屈折」光線は実際には反射光線となり、入射角と等しい角度で全反射して高屈折率媒体に戻される(従って依然としてスネルの法則に「従っている」)。この反射は、金属製反射性コーティング(例えばアルミニウム又は銀)が存在しなくても発生する。この現象は全内部反射と呼ばれる。全内部反射が発生する際の、屈折境界における法線に対する最小入射角は臨界角と呼ばれる。換言すれば全内部反射は、高屈折率材料内の光が低屈折率の媒体との界面に、(法線に対して)臨界角以上の入射角で衝突するときに発生する反射である。

$$\text{スネルの法則} \quad n_a \cdot \sin \theta_i = n_r \cdot \sin \theta_r$$

【0021】

入射角は、屈折境界で法線を基準に測定される。臨界角では、屈折は生じないので、

10

20

30

40

50

= 90°であり、 $\sin \theta_c = 1$ である。従って臨界角は、

$$\theta_c = \sin^{-1} (n_r / n_a)$$

によって示される。この式中、 θ_c は臨界角であり、 n_r は密度が低い方の材料の屈折率であり、 n_a は密度が高い方の媒体の屈折率である。

【0022】

幾何光学は、光線に関して光伝搬を記述する光学の一分野である。光線は2つの異なる材料間の界面で曲げられる。屈折した光線は、その光線が伝搬する材料との相互作用の結果として、速度が変化した光線であるか、又は一般的には、速度及び方向の両方が変化した光線である。

【0023】

光の速度は一定ではない。光の速度は、光が異なる透明物質を通過する際に変化する。光の空気中での伝搬速度は、何も無い空間の真空中での伝搬速度よりも遅く、光の水中での伝搬速度は、空気中での伝搬速度よりも遅く、石英中での伝搬速度及びダイヤモンド中での伝搬速度はさらに遅い。光の速度は、その波長とその周波数とを掛け算したものに等しい。光が異種物質又は材料（ポリマー）を通過すると、その周波数は一定のままであり、その波長が変化する。互いに異種材料間の界面で波長（速度）がこのように変化する事により、一方の材料を通過して他方の材料内に入る光は曲げられる。

【0024】

いかなる物質の屈折率も、その物質中での光速に対する真空中での光速の比である。屈折率はまた、屈折角の正弦に対する入射角の正弦の比でもある（ASTM D642）。幾つかの典型的な材料の屈折率は下記の通りである：

フルオロカーボン（FEP）	1.34
ポリテトラフルオロエチレン（TFE）	1.35
クロロトリフルオロエチレン（CTFE）	1.42
プロピオン酸セルロース	1.46
酢酪酸セルロース	1.46 ~ 1.49
酢酸セルロース	1.46 ~ 1.50
メチルペンテンポリマー	1.485
エチルセルロース	1.47
アセタールホモポリマー	1.48
アクリル樹脂	1.49
硝酸セルロース	1.49 ~ 1.51
ポリプロピレン（未変性）	1.49
ポリアロマー	1.492
ポリブチレン	1.50
アイオノマー	1.51
ポリエチレン（低密度）	1.51
ナイロン（PA）II型	1.52
アクリル系マルチポリマー	1.52
ポリエチレン（中密度）	1.52
スチレンブタジエン熱可塑性樹脂	1.52 ~ 1.55
PVC（硬質）	1.52 ~ 1.55
ナイロン（ポリアミド）6/6型	1.53
ユリアホルムアルデヒド	1.54 ~ 1.58
ポリエチレン（高密度）	1.54
スチレンアクリロニトリルコポリマー	1.56 ~ 1.57
ポリスチレン	1.57 ~ 1.60
ポリカーボネート（充填剤なし）	1.586
ポリスチレン	1.59
ポリスルホン。	

10

20

30

40

50

この情報から判るように、導波路に使用され得る多くのポリマーは、互いにかなり近い屈折率を有する。

【0025】

導波路のコアとクラッドとの間の屈折率差が大きくなるにつれて、導波路に入射する光の受光角が大きくなる。すなわち、急角度からの入射光は吸収されずに全内部反射させることができる。コアとクラッドとの間の屈折率差が小さくなればなるほど、全内部反射させられる光は少なくなる。適合性のある材料の選択は限られているので、このことは重要になる。背面投影又はその他の用途に対して導波路を有用にするために、コアとクラッド材料とを互いに接着させなければならない。さらに、黒色素又は顔料をクラッド内に含めることが望ましい。互いに接着し、しかも最適な屈折率差を有する材料を見出すのは難しい。

10

【0026】

さらに、注意すべきことは、スクリーンの観察側から導波路に入射する周囲室内光をも最低限に抑えるように背面投影スクリーン用の導波路の性能を最適化するためには、コアとクラッドとの間の屈折率差を制御しなければならないということである。未変性ポリマーのこの用途に対する汎用性は制限されている。ポリマーの屈折率を制御又は改変する能力を得ることは、導波路スクリーンの設計時に極めて重要かつ有用である。驚くべきことに、ポリマーマトリックス中の粘土のようなナノ粒子の濃度を、理に適った範囲で制御することにより、ポリマーと粘土との間の屈折率が無限に制御されることが判った。本発明の粘土は、ポリマーの屈折率を低下させることに役立つ。この場合、コアとクラッドと同じポリマーを使用することができ、従って接着の問題を懸念することはなくなる。さらに、光エンジンからの入射光受光角及び観察側からの周囲室内光の両方の制御を最適化することができる。層内で濃度勾配を成すように粘土を形成することにより、又は、濃度が僅かに変化する極めて薄い複数の層を形成することにより、デルタ屈折率の大きい単一層が中心コアと対を成しているようなステップ型導波路よりも損失の少ない導波路を形成することができる。このような発見により、コアとクラッドとに用いられる異なるポリマーの屈折率を改変することも可能になる。

20

【0027】

以下に示す用語は、本明細書中で使用される場合にはいつでも下記の意味を有する。

コアとは、透明材料から成る1又は2以上の層を意味する。

30

クラッド若しくはクラディング又はクラッド層とは、透明コアに隣接するか又は別のクラッド層に隣接する層であって、中心コアよりも屈折率が低い層を意味する。

ステップ・インデックス・クラッド型とは、均一ではあるがしかし透明コアよりも低い屈折率を有する層を意味する。

勾配屈折率とは、層の片側から他方の側に向かって変化する屈折率を意味する。

【0028】

高分子チャネルとは、光を伝搬するのに使用できる1又は2以上の層を意味する。

「ナノ複合材料」とは、少なくとも1種の成分が、0.1~100ナノメートルの範囲内の少なくとも1つの寸法を有する無機相、例えばスメクタイト粘土を含む複合材料を意味する。

40

「平板状体(plates)」とは、第3の寸法よりもかなり大きい2つの同等な寸法を有する粒子を意味する。

「層状物質」とは、複数の隣接して結合した層の形態にあるスメクタイト粘土のような無機物質を意味する。

「小板状体(platelets)」とは、層状物質の個々の層を意味する。

「インターカレーション」とは、層状物質の小板状体間に1つ以上の異物分子又は異物分子の一部が挿入することを意味し、通常は米国特許第5,554,670号明細書に示されているようなX線回折技術により検出される。

「インターカレント」とは、前記層状物質の小板状体間に装入される前述の異物分子を意味する。

50

「膨潤 (exfoliation)」又は「層間剥離 (delamination)」とは、個々の小板状体が分離して、積層秩序のない無秩序な構造になることを意味する。

「ポリマー」は、オリゴマー、コポリマー及びインターポリマーをも包含することとする。

「アイオノマー」とは、イオン結合及び共有結合で連結されているポリマーである。アイオノマー中には、互いに結合した正の電荷を帯びた基と負の電荷を帯びた基とが存在し、その極性が独特の樹脂を形成する。

「有機変性された」とは、有機物質又は有機末端基を加えることを意味する。

【0029】

米国特許第4,739,007号、第4,810,734号、第4,889,885号、第4,894,411号、第5,102,948号、第5,164,440号、第5,164,460号、第5,248,720号、第5,973,053号及び第5,578,672号の各明細書に記載されているようなフィロシリケートが、入手容易性及びコストの理由から、本発明にとって好ましい層状粒子である。特に好ましいフィロシリケートは、所望の屈折率値を有する理由から、フッ素化されたフィロシリケートである。スメクタイト粘土、例えばナトリウムモンモリロナイト及びカルシウムモンモリロナイトのようなフィロシリケートは有機分子、例えばアンモニウムイオンで処理して、隣接する平面状シリケート層間にこれらの有機分子をインターカレートし、及び/又は、個々のシリケート層を膨潤させることができることが知られている。これらのシリケート層は、ホストポリマーの重合前、重合後又は重合中にホストポリマーと混合されると、そのポリマーの1つ以上の特性、例えば機械的強度特性及び/又は高温特性を改善することが判っている(米国特許第4,739,007号明細書、同第4,810,734号明細書及び同第5,385,776号明細書参照)。本発明に適したフィロシリケートとしては、スメクタイト粘土、例えばモンモリロナイト、具体的にはナトリウムモンモリロナイト、マグネシウムモンモリロナイト及び/又はカルシウムモンモリロナイト、ノントロナイト (nontronite)、バイデライト (beidellite)、ボルコンスコアイト (volkonskoite)、ヘクトライト (hectorite)、サポナイト (saponite)、ソーコナイト (sauconite)、ソボカイト (sobockite)、スティーブンサイト (stevensite)、スピンフォルダイト (svinfordite)、バーミキュライト (vermiculite)、マガディアイト (magadiite)、ケニヤアイト (kenyaite)、タルク (talc)、雲母 (mica)、カオリナイト (kaolinite) 及びこれらの混合物が挙げられる。

【0030】

他の有用な粘土系層状粒子としては、イライト (illite)、混合層状イライト/スメクタイト鉱物、例えばレディカイト (ledikite)、及び、イライトと上記粘土鉱物との混合物が挙げられる。前述の粘土系材料は関連文献、例えば "Clay Colloid Chemistry" (H. van Olphen 著、第2版、John Wiley & Sons Publishers 発行 (1977)) に詳細に記載されている。アニオン系ポリマーと共に特に有用なその他の有用な層状粒子は、層状のヒドロタルサイト又は複水酸化物、例えば $Mg_6Al_{3.4}(OH)_{18.8}(CO_3)_{1.7}H_2O$ である。この物質は正の電荷を帯びた層と、層間空間内に交換可能なアニオンを有する。さらに他の有用な層状粒子としては、塩化物、例えば $FeCl_3$ 、 $FeOCl$ 、カルコゲナイド、例えば TiS_2 、 MoS_2 及び MoS_3 、シアン化物、例えば $Ni(CN)_2$ 、及び酸化物、例えば $H_2Si_2O_5$ 、 V_6O_{13} 、 $HTiNbO_5$ 、 $Cr_{0.5}V_{0.5}S_2$ 、 V_2O_5 、 Ag をドーブした V_2O_5 、 $W_{0.2}V_{2.8}O_7$ 、 Cr_3O_8 、 $MoO_3(OH)_2$ 、 $VOPO_4 \cdot 2H_2O$ 、 $Zr(HPO_4)_2 \cdot 2H_2O$ 、 $CaPO_4CH_3 \cdot H_2O$ 、 $MnHASO_4 \cdot H_2O$ 、及び $Ag_6Mo_{10}O_{33}$ が挙げられる。

【0031】

特に好ましい層状粒子は、フッ素化された粒子である。なぜならば、それらの粒子は望ましい低い屈折率値を有するからである。好ましい層状粒子は膨張可能であり、これにより、他の作用物質、例えばイオン又は分子が、層状粒子にインターカレートし、及び/又は層状粒子を膨潤させて、その結果、無機相の望ましい分散体をもたらすことができるものである。これらの膨張可能な層状粒子としては、2:1型のフィロシリケートが挙げられる。これらのフィロシリケートは層上の負電荷と層間空間内に相応数の交換可能なカチ

オンとを有し、これにより全体的な電荷中立性を維持する。100g当たり50~300ミリ当量のカチオン交換能を有する典型的なフィロシリケートが好ましい。本発明に対して非常に好ましい層状粒子としては、スメクタイト粘土、例えばモンモリロナイト、ノントロナイト、パイデライト、ボルコンスコアイト、ヘクトライト、サボナイト、ソーコナイト、ソボカイト、スティブンサイト、スピンフォルダイト、ハロイサイト、マガディアイト、ケニヤアイト及びパーミキュライト、並びにヒドロタルサイト、カルコゲナイト及び酸化物が挙げられる。

【0032】

前述のスメクタイト粘土は天然物であっても合成物であってもよい。この違いは、粒度及び/又は付随する不純物のレベルに影響を及ぼし得る。典型的には、合成粘土は横方向寸法がより小さく、従って、アスペクト比がより小さい。しかし、合成粘土は天然粘土と比較して、より純粋であり、より狭い粒度分布を有しており、更なる精製又は分離を必要としない。本発明の場合、粘土粒子の横方向寸法は0.01 μ m~1 μ m、好ましくは0.01 μ m~0.05 μ mであるのがよい。粘土粒子の厚さ又は鉛直方向寸法は、様々な値をとり得るが、0.5nm~10nm、好ましくは1nm~5nmである。粘土粒子の最大寸法と最小寸法との比であるアスペクト比は、本発明の場合、少なくとも10:1であり最大で1000:1であるのがよい。粒子の粒度及び形状に関する前述の制限は、ナノ複合材料のいくつかの特性を他の特性に悪影響を及ぼさずに適切に改良する。例えば横方向寸法が大きいと、機械的特性及びバリアー特性の向上にとって望ましい1つの尺度であるアスペクト比の増大をもたらすことがある。しかしながら、非常に大きな粒子は、光学的な欠点、例えば曇りをもたらすことがあり、また、処理装置、運搬装置及び仕上げ装置に対して摩耗作用を生じるおそれがある。10:1未満のアスペクト比は、達成するのが難しく、費用が嵩む割には効用に限られる。本発明の粘土の好ましいアスペクト比は、最適な特性を得ることを目的として、20:1~200:1である。

【0033】

本発明において使用される粘土はオルガノ粘土(organoclay)であってよい。オルガノ粘土は官能化されていない粘土を好適なインターカラントと相互作用させることにより生成される。これらのインターカラントは、典型的には、中性又はイオン性の有機化合物である。有用な中性有機分子としては、極性分子、例えばアミド、エステル、ラクタム、ニトリル、尿素、炭酸塩、リン酸塩、ホスホン酸塩、硫酸塩、スルホン酸塩及びニトロ化合物などが挙げられる。中性有機インターカラントは、モノマー、オリゴマー又はポリマーであることができる。中性有機分子は、元の電荷を均衡するイオンの完全な交換を生じずに、水素結合を介して粘土の層中へのインターカレーションを引き起こすことができる。有用なイオン性化合物は、オニウム化学種、例えば脂肪族、芳香族又はアリール脂肪族アミン類、ホスフィン類及びスルフィド類のアンモニウム(第1級、第2級、第3級及び第4級)、ホスホニウム又はスルホニウム誘導体などのカチオン系界面活性剤である。典型的には、オニウムイオンは、好ましいスメクタイト粘土の金属カチオンとイオン交換することにより、層中へのインターカレーションを引き起こすことができる。様々な工業用のオルガノ粘土が粘土製造供給元、例えばSouthern Clay Products及びNanocorから入手することができ、これらを本発明の実施に使用することができる。

【0034】

本発明のスメクタイト粘土はさらに、相溶化剤で処理することもできる。相溶化剤の目的は、無機粘土相を、粘土が好ましくは分散されるバインダーポリマーと相溶化させることである。典型的には、相溶化剤は、粘土表面と結合する成分と、バインダーポリマーと好ましく相互作用する別の成分とを含む。効果的な相溶化により、バインダーポリマー中に粘土が均質に分散される。

【0035】

インターカラント、及びインターカラントであることも可能な相溶化剤は、選択された特定のポリマー及び特定の粘土物質に応じて多種多様であってよい。本発明の好ましいスメクタイト粘土を処理するのに有用な種々のタイプのインターカラント及び相溶化剤の例

は、米国特許第4,739,007号、第4,810,734号、第4,889,885号、第4,894,411号、第5,102,948号、第5,164,440号、第5,164,460号、第5,248,720号、第5,973,053号、第5,578,672号、第5,698,624号、第5,760,121号、第5,804,613号、第5,830,528号、第5,837,763号、第5,844,032号、第5,877,248号、第5,880,197号、第6,057,396号、第5,384,196号、第5,385,776号、第5,514,734号、第5,747,560号、第5,780,376号、第6,036,765号、第6,034,163号、第6,084,019号及び第5,952,093号の各明細書の開示に含まれているが、それらの開示内容に限定されるわけではない。

【0036】

本発明の光学要素は、多層粒子を含有する中心コアとして、光の伝搬のための透明高分子チャネルを含む。粒子の大部分は1 μm 未満の投影サイズと、1000 : 1 ~ 10 : 1の範囲内の最長寸法対最小寸法のアスペクト比を有し、これらの粒子は、屈折率差が生じるように、光伝搬方向に対して垂直な平面の少なくとも一部に濃度差を成して配列される。このような光学要素の場合、吸光度を最小化し、光損失を最小限に抑えるように、光は案内される。このような要素は、光及び情報をその要素内の入口点から出口点に向けるか又は搬送するのに有用である。

10

【0037】

本発明の一実施態様の場合、中心コアは1つの層から成っていてもよい。有用なコアは、中心コアの1又は2以上の側でクラディングされていてもよい。典型的なクラッド層は、コアと同じか又はコアとは異なる階段状屈折率又は勾配屈折率を有することができる。導波の目的上、中心透明コアにおける勾配屈折率は、中心軸から外側に向かって減少する示差屈折率を有することが望ましい。クラッド層はクラッド層自体内で、屈折率の更なる階段状変化を有するか、又は勾配屈折率を有することができる。クラッドはポリマー、又はコアよりも屈折率が低いガラスのような材料であってよい。さらに、クラッドは、接着性のようなその他の機能性を有していてもよく、吸光性材料又は不透明な黒色材料を有することができる。

20

【0038】

本発明において有用な中心コアはアーチ形であってよい。その場合、光学要素は、湾曲投影スクリーン、又は光を曲げるか又は配向するレンズ形デバイスとして使用できる。他の有用な光学要素は、例えば光ファイバー又はライトパイプのように円筒形である中心コアを有してよい。このような要素は、ファイバー又は界面を他の光学要素と形状的に結合することができる光学カップリングとして使用できる。円筒形の光学要素の場合、円筒形コアの周囲を少なくとも1層のクラッド層が取り囲んでいてよい。

30

【0039】

本発明のさらなる実施態様は、凸状、凹状又は複雑な形状であることができるレンズのように形作られた中心コアを有する光学要素を形成することができる。これらのレンズ形状の中心コア内及び/又はこのレンズ形状物と組み合わせられたクラッド層内に勾配屈折率を提供することにより、レンズに入射した光をより良好に制御することができる。レンズに入射した光は屈折率変化を受け、その光がレンズに入射する前にその中を伝搬する媒体の屈折率よりもレンズの屈折率が高いか又は低いかに応じて、レンズに入射した光は、法線に向かって曲げられるか、或いは法線から離れる方向に曲げられる。同じことが、光がレンズから出て空気又は他の媒体中に入る際にも当てはまる。レンズが勾配屈折率を備えている場合には、光は鋭角を成して旋回するというよりはむしろ湾曲する傾向がある。このようなレンズは光を制御する上でより効率的である。なお、この勾配は、レンズの一部にだけ適用することにより、レンズの光制御能力をさらに向上させることができる。本発明において有用な他の光学要素は、レンズアレイを形成する中心コア、並びに、所定の幾何学的形状を形成することができるレンズアレイである。これらのタイプのアレイは、光配向シートとして有用である。この光配向シートにおいて、層状粒子によって所定の形状がさらに際立たされ、これにより、光旋回特性又は形状付与特性をより良好に改善することができる。

40

多層粒子は中心コアに、0 ~ 90質量%で添加されてよい。0%では、屈折率勾配は本

50

来の材料から始まり、勾配はコア内の層状粒子の濃度で形成することができる。層状粒子の濃度が増加するにつれて、屈折率はさらに減少する。なお、この中心コアと共に、更なる屈折率変化又は勾配屈折率変化をもたらすクラッドを使用することができる。

【0040】

本発明の好ましい実施態様において、光学要素は、光伝搬方向に対して垂直な平面内で、光チャネルの中心軸から離れるにつれて濃度が増加する濃度勾配を成す層状粒子を有する。このような実施態様が好ましい理由は、このような勾配により、屈折率の単一又は急激な変化を有する導波路よりも損失が少ない導波路が提供されるからである。この場合、光がコア内にとどまる。

【0041】

本発明において有用な濃度勾配は、一定の変化率又は指数関数的な変化率を有することができる。屈折率における非常に小さな一連の階段状変化が、勾配に近づいてもよい。本発明の実施態様において、1段当たりの屈折率変化が0.01未満である一連の階段状変化によって、勾配が形成される。このような一連の層状粒子が空気で加熱される(まだ液状であるときに)と、層状粒子は1つの層から次の層内に移動することができ、従って階段状から勾配へと、濃度が平準化される。

【0042】

本発明の別の有用な実施態様は、中心コアから外縁部に向かって屈折率が減少する濃度勾配を提供する。このような光学要素はスクリーンの鉛直方向及び/又は水平方向の視野角を低減するための、ゲーム及びコンピュータのスクリーンに有用なプライバシー・スクリーンを提供する。このプライバシー・スクリーンは、スクリーンの隣に座っている他人が、スクリーン上に表示された情報を見るのを制約する。

【0043】

本発明において有用な層状粒子は0.5~10nmの厚さを有することができる。このような粒子の最大寸法と最小寸法とのアスペクト比は、10:1~1000:1であることができる。粒子の粒度及び形状に関する前述の制限は、ナノ複合材料のいくつかの特性を他の特性に悪影響を及ぼさずに適切に改良する。例えば横方向寸法が大きいと、機械的特性及びバリアー特性の向上にとって望ましい1つの尺度であるアスペクト比の増大をもたらすことがある。しかしながら、非常に大きな粒子は、光学的な欠点、例えば曇りをもたらすことがあり、また、処理装置、運搬装置及び仕上げ装置に対して摩耗作用を生じるおそれがある。10:1未満のアスペクト比は、達成するのが難しく、費用が高む割には効用が限られる。本発明の粘土の好ましいアスペクト比は、最適な特性を得ることを目的として、20:1~200:1である。

【0044】

本発明の光学要素において有用な層状粒子は、ヒドロタルサイト、フィロシリケート、スメクタイト、モンモリロナイト、ヘクトライトを含んでよい。これらの粒子及び粒子の利点については上述の通りである。さらに、スメクタイトは、合成のものであるか、又は粒子の屈折率特性をさらに高めるため、合成物であっても有機変性されたものであってもよい。モンモリロナイト系層状粒子はケイ酸アルミニウムを含んでよく、これに対してヘクトライト系粒子はケイ酸マグネシウムを含んでよい。

【0045】

本発明の好ましい実施態様において、スメクタイト層状粒子及びヘクトライト層状粒子は、フッ素化されたものであってもよい。このような粒子は、フッ素化されていない粒子よりも屈折率が低く、従って、濃度勾配範囲を広げるか、又はより効率的な光制御を可能にする上で有用である。さらなる詳細は上述の通りである。

【0046】

本発明の有用な光学要素を提供するために、層状粒子は透明ポリマー中に分散され、この透明ポリマーは、それらの層状粒子を所定の位置に保持する。有用な透明ポリマーの透過百分率は70~100%である。80%未満の透過百分率は通常あまり効率的ではなく、光を吸収するか又は散乱させる傾向がある。実質的に100%又は100%に近い透明

10

20

30

40

50

ポリマーが最も望ましい。なぜならば光がポリマー中を伝搬する際の損失がほとんど又は全くないからである。あらゆるポリマーが、光の極めて僅かな一部を吸収するか又は散乱させ、従って100%透過率の達成は難しいことが認識されるべきである。

【0047】

本発明の有用な透明ポリマーは、水溶性ポリマー、親水性コロイド及び水不溶性ポリマーから成る群から選択された少なくとも1種の材料を含むことができる。なお、透明ポリマーは、層状粒子を保持するためのバインダーポリマーとして作用することもできる。

【0048】

層状粒子、特にスメクタイト粘土が好ましくは分散されるバインダーポリマーは、種々多様なポリマーを含むことができる。具体的には、バインダーポリマーは、水性溶剤系又は有機溶剤系のコーティング組成物から適用するために、水溶性ポリマー、親水性コロイド又は水不溶性ポリマーを含むことができる。或いは、バインダーポリマーは、熱処理可能な溶融物から適用するために、熱処理可能な熱可塑性ポリマー又は熱硬化性ポリマーを含むこともできる。

10

【0049】

水溶性ポリマーは好ましくは、ポリアルキレンオキシド、例えばポリエチレンオキシド、ポリ(2-エチルオキサゾリン)、ポリ(エチレンイミン)、ポリ(ビニルピロリドン)、ポリ(ビニルアルコール)、ポリ(ビニルアセテート)、ポリスチレンスルホネート、ポリアクリルアミド、ポリメタクリルアミド、ポリ(N,N-ジメタクリルアミド)、ポリ(N-イソプロピルアクリルアミド)、多糖、デキストラン、又はセルロース誘導体、例えばカルボキシメチルセルロース及びヒドロキシエチルセルロースなどを含むことができる。水溶性ポリマーは、環境的に魅力的なコーティング組成物の利点を提供する。またこれらの多くの水溶性ポリマーは、粘土にインターカレートすることもでき、従って均一な分散体を提供する。

20

【0050】

親水性コロイドは好ましくはゼラチン、又はゼラチングラフト化ポリマーを含むことができる。上述のゼラチンは、例えばアルカリ処理ゼラチン(牛骨又は皮ゼラチン)、酸処理ゼラチン(豚皮又は骨ゼラチン)、及びゼラチン誘導体、例えば部分的にフタル化されたゼラチン、アセチル化されたゼラチンなど、及び好ましくは脱イオン化ゼラチンを含んでよい。ゼラチン、及びゼラチン系ポリマーが特に魅力的である。なぜならば、これらのコストは比較的安く、粘土にインターカレートすることができるからである。

30

【0051】

水不溶性ポリマーは、有機溶剤に可溶性ポリマー、又は、水性分散体又はラテックスの形態のポリマーを含むことができる。このようなポリマーは好ましくは、スチレン及びスチレン誘導体、アルキルアクリレート、アルキルメタクリレート及びこれらの誘導体、オレフィン、アクリロニトリル、アクリル酸、メタクリル酸、マレイン酸、イタコン酸、ビニルアセテート、ハロゲン化ビニル、ハロゲン化ビニリデン、セルロースエステル、例えば酢酸セルロース及び酢酪酸セルロースのポリマー、ポリウレタン、ポリエステル及びポリエステルアイオノマーを含むことができる。上記水不溶性ポリマーは、有用な物理的特性、例えば隣接層に対する接着性、靱性、有機溶剤との相溶性などを提供することができる。特に好ましい水分散性ポリマーは、その優れた皮膜形成特性、スメクタイト粘土との相溶性及び商業的入手容易性の点から、ポリエステルアイオノマーを含む。

40

【0052】

上記の熱処理可能なポリマーは、熱可塑性ポリマー又は熱硬化性ポリマーであることができる。熱硬化性ポリマーはさらなる利点を提供する。なぜならば熱硬化性ポリマーは典型的には良好な接着剤であり、従って種々のコア材料に良好に粘着することができるからである。熱処理可能な高分子材料は、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリウレタン、ポリアミド、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレート、セルロースエステル、ポリエーテル及びポリビニルアルコールを含んでよい。層状粒子を熱処理可能なポリマーに添加することにより、ポリマーの屈折率を改変することができる

50

。コアの屈折率よりもクラッドの屈折率を減少させることができる一方で、コア及びクラッドに同じポリマーを使用できることは、特に層間の接着にとって極めて有用である。2層以上の層が同時にコートされる場合に、両層に同系ポリマーを使用できることにより、層の安定性が改善され、その結果、界面の問題が最低限に抑えられる。熱処理可能なポリマーは、導波路として有用である。なぜならば、コアと同時に、別個の層として、クラッドを共押出又は共流延することができるからである。これにより層間に極めて平滑な界面が提供され、このような界面によって、コアからクラッド層へ光が伝搬する際に生じる屈折損失が最低限に抑えられる。これらの材料は、導波路として使用する場合に、画像の伝送に関して優れた光学的特性を提供する。

【0053】

導波路におけるバインダーポリマーとして有用な他の材料は、放射線硬化性ポリマーであり、アクリレート、エポキシ及びイソブチレン部分を含むものからなる群から選択できる。放射線硬化性材料は、材料間の優れた接着を可能にし、容易にコートされ、硬化される。これらの材料はまた、硬化されると耐久性が極めて高くなり、種々の温度及び湿度の範囲内で耐えることができる。

【0054】

一般的に、クラッド層内のバインダーポリマーは、コアの選択に応じて選ぶことができる。経験則として、クラッド内のバインダーポリマーは、良好な接着性が得られるよう荷、コア内のポリマーと同じ又は類似のものであることが望ましいが、この規則には例外が多数ある。本発明の場合、層状粒子は、クラッドのバインダーポリマー中に分散されると、ポリマーの屈折率を減少させ、しかもこの場合、コアに対する接着性を有意に変化させることはない。コア材料の選択は多くの基準、すなわち、屈折率及び透明性のような光学的特性、物理的特性、寸法安定性、製造容易性、入手容易性、コストなどに依存する。好ましいコア材料はセルロース誘導体、例えば酢酸セルロース、酢酪酸セルロース、又はポリエチレンテレフタレート及びポリエチレンナフタレートのような非晶質又は結晶質ポリエステルを包含するポリエステルを含むことができる。これらの材料が好ましい主な理由は、これらの優れた光学的特性、入手容易性、及び比較的 low コストなことにある。セルロースコアに対し、クラッド層内の好ましいバインダーポリマーは、セルロース誘導体、例えばカルボキシメチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、酢酸セルロース及び酢酪酸セルロースである。同様に、ポリエステルコアに対し、クラッド層内の好ましいバインダーポリマーは、ポリエステルアイオノマーのようなポリエステルである。

【0055】

本発明において有用な光学要素は高分子チャンネルを形成することができ、 $0.5 \sim 1000 \mu\text{m}$ の厚さを有することができる。 $0.5 \mu\text{m}$ 未満の厚さでは、高分子チャンネルを形成して光を良好に制御することが難しい。 $1000 \mu\text{m}$ を上回る高分子チャンネルは可能ではあるものの、厚さが増大するにつれて形成するのが難しくなる。

【0056】

本発明の光学要素は、情報を伝えるのに有用な導波路を形成することができる。この導波路は、ディスプレイスクリーンとして使用することもできる。このようなディスプレイは、画像の投影に使用することができる。画像は静止画像又は動画であってよい。本発明の別の実施態様の場合、光学要素はフラットな平面状導波路を形成することができる。

【0057】

下記の例は本発明の実施を示す。これらの例は本発明の考えられ得る全ての変更態様を排除することを意図するものではない。部及び百分率は、特に示さない限り重量部及び重量パーセントである。

【実施例】

【0058】

本発明の例及び比較試料において使用される材料は下記のものを含む：
規定のサイズ範囲内の層状粒子

Laponite SはSouthern Clay Productsによって供給された水和ケイ酸マグネシウムリチ

10

20

30

40

50

ウムを含むフッ素化合成粘土であり、その組成は下記のように報告されている（質量％）。

SiO ₂	50 ~ 52
MgO	22 ~ 24
Li ₂ O	1.1 ~ 1.4
Na ₂ O	6.0 ~ 8.0
P ₂ O ₅	3.3 ~ 5.5
F	4.7 ~ 5.2
強熱減量	8.5 ~ 9.0

【0059】

Laponite RDSはSouthern Clay Productsによって供給された水和ケイ酸マグネシウムリチウムを含む合成粘土であり、製品速報によれば、その組成は下記の通りである（質量％）。

SiO ₂	55 ~ 56
MgO	25 ~ 27
Li ₂ O	0.8
Na ₂ O	5.4 ~ 5.8
P ₂ O ₅	4.0 ~ 4.2
強熱減量	8.0

【0060】

バインダーポリマー

AQ 55はEastman Chemical Companyによって供給された水分散性ポリエステルアイオノマーである。

屈折率測定のために、本明細書において上述した材料を含む水性コーティング組成物を、シリコンウェハ上にスピン塗布する。例えば可変角分光偏光解析器(VASE)（例えばJ. A. Woollam Companyから入手）を含む任意の手段を使用することにより、本発明の薄膜の厚さを測定し、この薄膜の光学的な特徴づけを行うことができる。使用されるべき光の波長は、約400nm～約1000nmで様々な値をとることができ、試料の法線に対して3つの角度、65°、70°及び75°を用いることができる。VASEから得られるパラメータはデルタ(delta)及びプサイ(psi)であることができる。これらのパラメータは、線形偏光が薄膜と相互作用した後で偏光法により偏光された後、結果として生じた楕円体を定義する三角法パラメータである。コーシー・モデル及びその他のオシレータ・モデルをデルタ及びプサイに当てはめることにより、厚さ値と、屈折率に対応する分散曲線と、シリコン基板上の有機ポリマーフィルムに対応する吸光係数とを導き出すことができる。データを589nmで報告する。

【0061】

AQ55中に分散された種々の量のLaponite Sを含有する層に対応する屈折率データを表1にまとめる。

【0062】

10

20

30

【表 1】

表 1.

試料	層の組成 Laponite S : AQ55 (質量比)	屈折率
1	0 : 100	1.56
2	5 : 95	1.56
3	10 : 90	1.55
4	20 : 80	1.53
5	40 : 60	1.52
6	50 : 50	1.50
7	60 : 40	1.49
8	70 : 30	1.48
9	80 : 20	1.47
10	90 : 10	1.46
11	95 : 5	1.42

10

20

【0063】

表 1 のデータから明らかなように、AQ 55中のLaponite Sの質量割合が増加するにつれて、層の全体的な屈折率が低減される。このことは、水分散性ポリエステルマトリックスの屈折率を減少させる上での本発明の層状粒子の有効性を示している。延伸ポリエチレンテレフタレートシートは、典型的には、延伸度に応じて1.6を上回る屈折率を得るので、試料の層(2~11)のいずれかを、延伸ポリエチレンテレフタレートコアのための、屈折率が低減された効果的なクラッド層として使用することができる。

【0064】

いかなるバインダーポリマーも使用せずにLaponite S及びLaponite RDSの屈折率データを表 2 において比較する。なお、Laponite Sがフッ素化されたものであることを除けば、Laponite S及びLaponite RDSの組成は極めて類似している。

30

【0065】

【表 2】

表 2.

層状粒子	屈折率
Laponite RDS (フッ素化されていないもの)	1.44
Laponite S (フッ素化されたもの)	1.40

40

【0066】

Laponite SがLaponite RDSよりも屈折率が低いことは明らかであり、このことは、本発明の実施するのにフッ素化スメクタイトの使用が望ましいことを実証している。

【0067】

導波路要素の例

本発明の導波路要素を下記のように構成することができる：

50

【 0 0 6 8 】

【 表 3 】

L 1 : 黒色接着剤クラッド層
L 2 : 20質量%のLaponite Sを含む上層3*
L 3 : 10質量%のLaponite Sを含む上層2*
L 4 : 5質量%のLaponite Sを含む上層1*
L 5 : ポリテトラフルオロエチレン層を有するポリエステル
L 6 : 5質量%のLaponite Sを含む下層1*
L 7 : 10質量%のLaponite Sを含む下層2*
L 8 : 20質量%のLaponite Sを含む下層3*
L 9 : 黒色接着剤クラッド層

* 乾燥前のコーティング時の濃度

10

【 0 0 6 9 】

導波路要素のコアは、約120 μ m厚のポリエステルフィルムベース(L5)を含み、屈折率を1.56に調整するように、このL5にはポリテトラフルオロエチレンが添加されている。このポリエステルフィルムL5は、実質的にクリアな3層のクラッド層をそのポリエステルフィルムのそれぞれの側に有している(上側にはL4、L3、L2、及び下側にはL6、L7及びL8)。ポリエステルフィルムベースの同じ側のクラッド層のそれぞれにおける層状粘土粒子の濃度は異なり、増加している。層状粒子としてLaponite Sを含み、またバインダーポリマーとしてAQ55を含むL2、3、4、6、7及び8のそれぞれの層を、約1 μ m厚(乾燥)でコートする。3層スライドホッパーを使用して水性コーティング組成物からコーティングを形成する。このスライドホッパーにおいて、L2、3及び4の全ての層を同時にコートし、そして完全に乾燥させる。クラッド層L2、3及び4中のLaponite S: AQ55の質量比をそれぞれ20:80、10:90及び5:95で維持する。層を乾燥させるときには、層間の粒子を強制的に僅かに移行させることにより層間の勾配効果が生じるように、空気衝撃力を調整する。この例では、L2、3及び4をポリエステルフィルム上にコートし、そして乾燥させ、次いでL6、7及び8を反対側で同様にコートし、そして乾燥させる。第3のコーティングパスにおいて、カーボンブラックの微細分散体とコポリエステル樹脂とを含む約2 μ mの厚(乾燥)の黒色接着剤層(L1及びL9)をそれぞれの側にコートし、そして乾燥させる。

20

30

【 0 0 7 0 】

上述のような導波路構造のコーティング後、これにスリットを入れ、そしてこれを切断して幅250ミル×長さ10000ミルの細いストリップを形成する。これらのストリップを6000ミルの高さに互いに上下に積み重ね、約0.07MPaの圧力でこの積層体をクランプし、この積層体を高温炉(90)内に10時間置く。これにより、接着剤層が融合してフラットな平面状導波路を形成することが可能になる。

40

【 0 0 7 1 】

ポリエステル及びポリテトラフルオロエチレンのコアの屈折率は1.56であり、コートした層の屈折率は、ポリエステル層に隣接した側からポリエステルコアから最も離れた側に向かって濃度が増加するのに伴い、約1.56(ポリエステル層に隣接した側)から1.53(ポリエステルコアから最も離れた側)への勾配を形成した。

【 0 0 7 2 】

本発明の実施態様には：

前記中心コアが80～100%の透過率を有し；

前記光透過性ポリマーが、水溶性ポリマー、親水性コロイド、及び水不溶性ポリマーか

50

ら成る群から選択された少なくとも1種の材料を含み、そして熱硬化性ポリマー、例えばポリエステル、酢酸セルロース、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、環状オレフィン及びこれらのコポリマーであってよい実施態様を含む。

【0073】

本発明は、光学要素において：

前記クラッド層が吸光性であって、望ましくは黒色であり；

前記クラッド層がさらに接着剤を含み；

前記中心コアがアーチ形、例えばファイバーであるか、又は、少なくとも1層の環状クラッド層によって取り囲まれた円筒状体であるか、或いは、前記中心コアが凸状又は凹状のレンズのように形作られており、前記中心コアは複数のレンズ又はレンズアレイを有することができ、前記レンズアレイは所定の幾何学的形状を有することができ；

前記層状粒子が、前記光チャネルの長手方向に対して垂直な平面内で、前記光チャネルの中心から離れるにつれて濃度が増加する濃度勾配を生じ；

前記層状粒子の最大粒子寸法対最小粒子寸法のアスペクト比が10：1～1000：1であり、そして

前記粒子が、ヒドロタルサイト、フィロシリケート、例えばスメクタイト、特にモンモリロナイト（ケイ酸アルミニウムを含むモンモリロナイトを包含）、又は、望ましくはフッ素化され、好適にはケイ酸マグネシウムを含有するヘクトライトを含むスメクタイトを含む実施態様を含む。

【0074】

スメクタイトが合成のものであるか、有機変性されたものであるか、又はフッ素化されたものである粒子も有用である。

【0075】

有用なのは、前記高分子チャネルの厚さが0.5～1000μmである要素であって、1段当たり0.01未満の屈折率変化を有する一連の階段状変化によって勾配が形成されている要素である。

本明細書中に引用した特許明細書及びその他の刊行物の内容全体は、引用により、本明細書中に含まれていることにする。

【図面の簡単な説明】

【0076】

【図1】図1は、クラッド内に不透明材料を備えた典型的なステップ型クラッド導波路を示す概略図である。

【図2】図2は、クリアなクラッドを有する典型的なステップ型クラッド導波路を示す概略図である。

【図3】図3は、勾配屈折率を備えたコアを有する導波路を示す概略図である。

【符号の説明】

【0077】

11 ... 光チャネル

12 ... 上側クラッド層

14 ... 光透過性コア

16 ... 下側クラッド層

21 ... 二重クラッド導波路

20 ... 上側クラッドキャップ層

22 ... 上側クラッド層

24 ... 光透過性コア

26 ... 下側クラッド層

28 ... 下側クラッドキャップ層

30 ... 光線

40 ... 光透過性コア

41 ... 勾配屈折率導波路

10

20

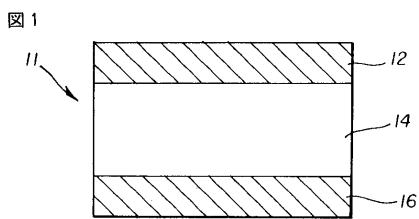
30

40

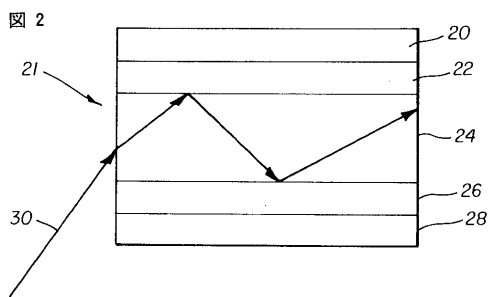
50

- 4 2 ... 光線
- 4 4 ... 空気又は他の媒体から導波路に入射する光線
- 4 6 ... 上側クラッド層
- 4 8 ... 下側クラッド層

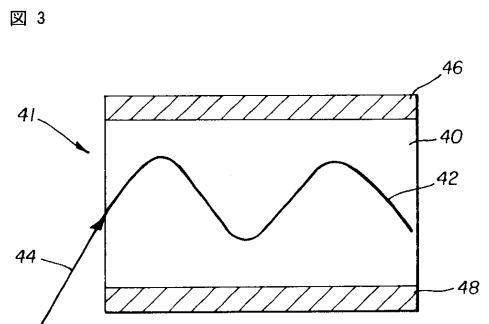
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

- (72)発明者 ピーター トーマス アイルワード
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14468, ヒルトン, ハスキンス レーン ノース 92
- (72)発明者 ディバシス マジュンダー
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14618, ロチェスター, メレディス アベニュー 57
- (72)発明者 アン エム. ミラー
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14020, バタビア, ハルステッド ロード 9507
- (72)発明者 ナラシムハラオ ドントゥラ
アメリカ合衆国, ニューヨーク 14623, ロチェスター, ウエスト スクワイア ドライブ
183
- Fターム(参考) 2H046 AD13 AZ02 AZ08
2H047 KA02 PA11 QA05 RA00
2H050 AB42Z AC23 AC24