

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3704523号

(P3704523)

(45) 発行日 平成17年10月12日(2005.10.12)

(24) 登録日 平成17年7月29日(2005.7.29)

(51) Int.Cl.⁷

G O 2 F 1/1335

G O 2 B 5/30

F I

G O 2 F 1/1335 5 1 O

G O 2 F 1/1335 5 2 O

G O 2 B 5/30

請求項の数 6 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2003-98313 (P2003-98313)	(73) 特許権者	599056437
(22) 出願日	平成15年4月1日(2003.4.1)		スリーエム イノベイティブ プロパティ
(62) 分割の表示	特願平7-517485の分割		ズ カンパニー
原出願日	平成6年12月20日(1994.12.20)		アメリカ合衆国, ミネソタ 55144-
(65) 公開番号	特開2004-4700 (P2004-4700A)		1000, セント ポール, スリーエム
(43) 公開日	平成16年1月8日(2004.1.8)		センター
審査請求日	平成15年4月1日(2003.4.1)	(74) 代理人	100092783
(31) 優先権主張番号	08/172,596		弁理士 小林 浩
(32) 優先日	平成5年12月21日(1993.12.21)	(74) 代理人	100095360
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 片山 英二
		(74) 代理人	100093676
			弁理士 小林 純子
		(74) 代理人	100114409
			弁理士 古橋 伸茂

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 反射偏光子ディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(a) ディスプレイモジュール；

(b) 光学キャビティを含むバックライト；

(c) 第1の偏光方向の光を透過させ、第2の偏光方向の光を反射する反射偏光子；及び

(d) 構造面と第2表面とを有し、その構造面は前記ディスプレイモジュールに対面して前記反射偏光子と前記ディスプレイモジュールとの間に配置された、構造面を有する材料を含むディスプレイであって、

第1領域の角度で前記反射偏光子を透過する第1の偏光方向の光は、前記構造面を有する材料の前記第2表面に入射するが、前記構造面を有する材料の前記構造面によって全反

10

射し、前記第2表面と前記反射偏光子とを再度通過して、前記光学キャビティに入射し、第2領域の角度で前記反射偏光子を透過する第1の偏光方向の光は、前記構造面を有する材料を透過するが、前記構造面を有する材料の構造面によって、垂線とは異なる角度に屈折する、ディスプレイ。

【請求項 2】

前記反射偏光子が複屈折材料を有する、請求項 1 に記載のディスプレイ。

【請求項 3】

ディスプレイモジュールの反射偏光子側に配置された吸収偏光子をさらに含む、請求項 1 または請求項 2 に記載のディスプレイ。

【請求項 4】

20

構造面を有する材料が、その構造面を有する材料の表面に配置された複数のプリズムを含む、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載されたディスプレイ。

【請求項 5】

複数のプリズムがディスプレイモジュールに対面している、請求項 4 に記載されたディスプレイ。

【請求項 6】

反射偏光子が、ローカラーで、広角度の偏光子を含む、請求項 1 ～ 5 のいずれかに記載されたディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

本発明は、光学ディスプレイの改良に関する。

10

【0001】

背景

光学ディスプレイは、ラップトップ型コンピュータ、携帯型計算器、デジタル式腕時計などに広く用いられている。よくある液晶（LC）ディスプレイは、このような光学ディスプレイの代表的な例である。通常の LC ディスプレイは、一对の吸収偏光子の間に、液晶とマトリクス電極とを備えている。LC ディスプレイにおいては、液晶は、電界の印加により部分的に光学状態が変わるようになっている。この方法により、偏光における情報の「ピクセル」を表示するのに必要なコントラストが生じる。

【0002】

この理由で、従来の LC ディスプレイは、正面偏光子と背面偏光子を有している。一般に、これらの偏光子は、ある一つの偏光方向の光を、直角偏光方向よりも強く吸収する二色性染料を使用している。通常、正面偏光子の透過軸は背面偏光子の透過軸と「交差して」いる。交差角度は、零度から 90 度まで変えることができる。液晶、正面偏光子及び背面偏光子が一緒になって、LCD アセンブリが構成される。

20

【0003】

LC ディスプレイは、照明源によって分類することができる。「反射」ディスプレイは、「正面」からディスプレイに入射する周囲の光によって照らされる。一般に、LCD アセンブリの「後ろ」に、ブラシ研磨したアルミニウムの反射器が配置される。この反射面は、LCD アセンブリに光を戻し、かつ、反射面に入射した光の偏光方向を保つ。

【0004】

周囲の光の強さが観察に不十分である場合、ブラシ研磨したアルミニウムの反射面の代わりに「バックライト」アセンブリを用いることは一般的である。代表的なバックライトアセンブリは、光学キャビティと、ランプまたは光を発する他の構成を含んでいる。周囲光とバックライトの両方で観察するディスプレイは、「半透過反射型」と呼ばれている。半透過反射型ディスプレイの一つの問題は、一般的なバックライトが、従来のブラシ研磨したアルミニウムの面のようには能率的な反射器でないことである。また、バックライトは、光の偏光方向をランダム化し、さらに、LC ディスプレイを照明するのに用いられる光量を少なくする。したがって、バックライトを LC ディスプレイに追加すると、ディスプレイを周囲の光で見るときの明るさが低下する。

30

【0005】

このため、周囲光とバックライトの照明の両方の条件で適当な明るさとコントラストが得られるディスプレイが望まれている。

40

【0006】

要約

本発明の光学ディスプレイは、3つの基本エレメントを有している。第1のエレメントは反射偏光子である。この反射偏光子は、それぞれ第2と第3のエレメントを構成する液晶ディスプレイ（LCD）アセンブリと光学キャビティの間に配置されている。

【0007】

詳細な説明

図1は3つの主な構成要素を含んだ説明的な光学ディスプレイ10の概略図である。これ

50

らには、LCDアセンブリ16として示されている偏光ディスプレイモジュール、反射偏光子12、及び光学キャビティ24が含まれる。

この図に示されたLCDアセンブリ16は、反射偏光子12と光学キャビティ24から供給される偏光した光によって照らされる。

【0008】

光線60として表された、ディスプレイ10に入射する周囲の光は、LCDモジュール16と反射偏光子12を横切り、光学キャビティ24の拡散反射面37に当たる。光線62は、この光が拡散反射面37で反射して反射偏光子12へ向かうものとして示している。

【0009】

光学キャビティ24の中から発生した光を光線64で示している。この光も、反射偏光子12の方へ向かい、拡散反射面37を透過する。光線62と64の両方は、偏光状態(a, b)の両方を呈する光を含んでいる。

10

【0010】

図2は、正面偏光子18、液晶20及び背面偏光子23を有する三層LCDアセンブリ15とともに光学ディスプレイ11の概略を示している。この実施形態において、光学キャビティ24は、反射式のランプハウジング32の中にランプ30を有するエッジ照射式のバックライトである。ランプ30からの光は、ライトガイド34に導かれ、スポット36などの拡散反射構造体に当たるまでその中を伝播する。このスポットの不連続な配列は、ランプの光を抜き出してLCDモジュール15の方へ向かわせるようになっている。光学キャビティ24に入る周囲の光は、スポットに当たるか、スポットの間の隙間部分を通してライトガイドから出て行く。このような光線を遮って反射するために、ライトガイド34の下に、拡散反射層39が配置されている。光学キャビティ24から出てくる全ての光線を光束38によって示している。この光束は、「(a)」で表される第1の偏光方向を持った光を通し、直角な偏光方向(b)を持った光を効果的に反射する反射偏光子12に入射する。したがって、光束42によって示された、光のある部分は反射偏光子12を透過し、残りの光の相当量は、光束40で示しているように反射する。反射偏光子に好ましい材料は高能率で、反射偏光子内での吸収による全損失は非常に少ない(1パーセント程度)。この損失した光を光束44で示している。反射偏光子12によって反射した偏光状態(b)を有する光は、再度光学キャビティ24に入り、スポット36または拡散反射層39などの拡散反射構造体に当たる。拡散反射面は、光学キャビティ24によって反射した光の偏光状態をランダム化するように作用する。この再循環及びランダム化を経路48で示している。光学キャビティ24は完全な反射器ではなく、拡散及び吸収によるキャビティ内での光の損失を光束46によって示している。これらの損失もまた少ない(20パーセント程度)。光学キャビティ24と反射偏光子12の組み合わせによりもたらされる複数回の再循環によって、光を観察者への最終的な伝達のために状態(b)から状態(a)へ変換する効果的な機構が構成されている。

20

30

【0011】

この方法の効率は、ここで開示した反射偏光子が示す低い吸収率と、多数の拡散反射面が示す高い反射率とランダム化特性によって決まる。図2において、スポット36によって示された不連続の層と連続した拡散反射層39の両方は、チタニウム酸化物の着色材料から形成することができる。(図1に示した)拡散反射面37を、表面を粗くしたポリカーボネートの透明な面で形成できることが理解されるべきである。この材料は、入射光を図2に示した形態にランダム化するためにライトガイド34の上方に配置することができる。特定の、そして最適の形態は、光学ディスプレイの完成品の特定の用途によって決まる。

40

【0012】

一般に、システムのゲインは、反射偏光子本体12と光学キャビティ24の両方の効率にかかっている。性能は、入射光の偏光状態のランダム化の要件に合った、反射率の高い光学キャビティ24と、損失の極めて少ない反射偏光子12によって最大限に高められる。

【0013】

50

図3は、正面偏光子18と液晶20を含む二層のLCDアセンブリ17を備えた光学ディスプレイ14の概要を示している。この実施形態において、光学キャビティ24はエレクトロルミネセンスパネル21を備えている。通常のエレクトロルミネセンスパネル21は燐光物質19で被覆され、電子が当たったときに光を発し、入射光が衝突したときには拡散反射する。通常、エレクトロルミネセンスディスプレイは、燐光物質のコーティングに応じて効率が変化するために「グレイニー (grainy)」である。しかし、反射偏光子12によって戻った光は、光の射出を「均一にする」傾向があり、光学ディスプレイ14によって示される照射の全体的な均一性が高められる。例示した光学ディスプレイ14において、LCDアセンブリ17は背面偏光子を欠いている。この光学ディスプレイ14において、反射偏光子12は、図2の光学ディスプレイ11の中に示された背面偏光子23と通常は関連して機能をなす。

10

【0014】

図4は反射偏光子12の一つのセグメントの概略の斜視図である。この図は、反射偏光子12の説明において用いるX、Y及びZ方向を定めた座標系を含んでいる。

【0015】

例示した反射偏光子12は、2つの異なったポリマー材からなる交互の層(A B A B A…)で形成されている。図と説明を通じて、これらを材料「(A)」と材料「(B)」と言う。この二つの材料は、一緒に押し出し成形されて、結果として出来た複数の層(A B A B A…)の材料は、一方の軸(X)に沿って延伸されていて(5:1)、他方の軸(Y)に沿っては、ほとんど伸びていない(1:1)。X軸を「延伸」方向と言い、Y軸を「横」方向と言う。

20

【0016】

(B)材料は、延伸工程によって実質的に変わらない公称屈折率(例えば $n = 1.64$)を有している。

【0017】

(A)材料は、延伸工程によって屈折率が変わる特性を有している。例えば、(A)材料の一軸延伸シートは、延伸方向についての一つの屈折率(例えば $n = 1.88$)と、横方向についての別の屈折率(例えば $n = 1.64$)を有する。

【0018】

明確にするために、面内軸(フィルムの面に平行な軸)に関連する屈折率は、偏光面がその軸に平行な、面偏光した入射光の有効屈折率である。

30

【0019】

したがって、延伸後、多層になった材料のスタック(A B A B A…)は、延伸方向については層間に大きな屈折率の差($\Delta n = 1.88 - 1.64 = 0.24$)を呈する。一方、横方向においては、層間で屈折率は本質的に同一となる($\Delta n = 1.64 - 1.64 = 0.0$)。これらの光学特性により、多層の積層体が、軸22に対して正確に方向づけられた入射光の偏光成分を透過する反射偏光子として機能することになる。この軸は、透過軸22として定められ、図4に示されている。反射偏光子12から射出する光を、第1の偏光方向(a)を有していると言う。

【0020】

反射偏光子12を透過しない光は、第1方向(a)とは異なる偏光方向(b)を有している。この偏光方向(b)を有する光は、屈折率の差によって反射することになる。このことにより、図4に軸25として示した、いわゆる「吸光」軸が定められる。このようにして、反射偏光子12は、選択された偏光(a)状態の光を通す。

40

【0021】

【実施例】

好ましい「A」層は、ポリエチレンナフタレート(PEN)などの結晶質のナフタリンジカルボン酸ポリエステルであり、好ましい「B」層は、ナフタリンジカルボン酸とテレフタル酸またはイソフタル酸の共ポリエステル(c o PEN)である。PENと70ナフタレート/30テレフタレートの共ポリエステル(c o PEN)は、ジオールとしてグリコール

50

を使用して標準的なポリエステル樹脂ケトルの中で合成することができる。満足できる204層偏光子は、PENとc o P E Nを51スロットの供給ブロックで押出成形した後、2層重ねマルチプライヤーを成形品(extrusion)に直列に使用することによって作ることができる。マルチプライヤーは、供給ブロックから出た押出成形された材料を2本の半分の幅の流れに分け、さらに、この半分の幅の流れを互いに重ね合わせる。このようなマルチプライヤーは、この技術分野において公知である。押出成形は、約295℃で行った。PENは、0.50dl/gの固有粘度を有し、c o P E Nは0.60dl/gの固有粘度を有していた。PEN材料の押出速度は22.51b/hrで、c o P E Nの押出速度は16.51b/hrであった。成形されたウェブは厚さが約0.0038インチで、長手方向へ5:1の比率で一軸延伸され、サイドは、延伸の際に空気温度が140℃に抑えられた。外皮層を除き、すべての層の対は、550nmの設計波長に対して、1/2波長の光学厚さに形成された。

10

【0022】

以上のようにして作られた2つの204層偏光子を、接着剤を使って手で積層した。接着剤の屈折率は、等方性のc o P E N層の屈折率と一致するのが好ましい。

【0023】

反射偏光子12の光学性能は、種々の層の光学厚さによってある程度定まる。厚いフィルムと薄いフィルムの両方を使った構成は有用である。層が光の種々の波長の長さの光学経路を有する場合は、反射偏光子12の光学特性は本質的に広帯域となる。層が光の波長よりも小さな光学厚さを有する場合は、選択された波長についての反射偏光子12の光学性能を高めるために、構造的干渉を利用することができる。この実施例において説明した製造方法により、可視スペクトルを越える光の波長よりも薄い光学厚さを有する均一な層を形成することができる。構造的干渉は、対になった層(A, B)の光学厚さが入射光の波長の半分を増す場合($A + B = \lambda / 2$)に生じる。この半波長の条件により、設計波長における狭帯域の構造的干渉が生じる。広帯域の光学性能は、複数の狭い帯域のスタックを積層するか、または連結することによって得られる。例えば、同じ厚さ($A + B = \lambda / 2$)を有する層の第1グループ37を、異なる厚さ($A + B = \lambda' / 2$)を有する第2のグループ35に積層することができる。通常は、能率的な広帯域の応答性を得るために多数の層(A B A B ...)が重ね合わされるが、図4では、分かりやすくするために、少ない数の層のみを示している。好ましくは、反射偏光子12は、対象とするあらゆる角度と波長の光を反射するように構成すべきである。

20

30

【0024】

2つの材料のみからなる交互の層を含む典型的な多層構造に関して反射偏光子12を説明したが、反射偏光子12が多くの形態を取り得ることを理解すべきである。例えば、多層構造の中に追加的なタイプの層を含ませることができる。また、場合によっては、反射偏光子は、一方を延伸した一对のみの層(A B)を含むことができる。さらに、二色性偏光子を反射偏光子12に直接に接合することができる。

【0025】

光学キャビティ24の他の重要な特性は、キャビティによる偏光ランダム化作用によって入射光の方向が変わることである。一般に、かなりの量の光が、光学キャビティの軸からずれて射出する。したがって、反射偏光子内でのこのような光の経路は、ほぼ直角な光の経路長よりも長い。この効果は、システムの光学性能を最適化するようになっていなければならない。この例で説明されている反射偏光子本体12は、軸ずれした光線に適合するのに望ましい長波長への広帯域透過が可能である。図5は、広範囲の波長での80%を越える透過性を表す線図31を示している。線図33は、可視スペクトルの大部分にわたっての効率的な広帯域反射性を示している。最適反射性の線図は赤外域まで広がり、400nmから800nmまで広がっている。

40

【0026】

別の実施形態においては、ディスプレイの目に見える明るさが、明るさ増進型フィルムの使用によって増している。図6は、3つの主要部分を有する光学ディスプレイ164を示

50

している。それらは、光学ディスプレイモジュール142、明るさ増進型反射偏光子110、及び光学キャビティ140である。一般に、完全な光学ディスプレイ164は、観察者146が見たときに平坦で平面視長方形であり、さらに、3つの主要部分を互いに重ね合わせたときに断面が比較的薄い。

【0027】

使用時には、ディスプレイモジュール142は、明るさ増進型反射偏光子110と光学キャビティ140によって処理された光で照射される。これら2つのエレメントは、協働して、偏光した光を、ある角度で概略的に示した観察領域136に方向づける。この光は、ディスプレイモジュール142を通して観察者146の方向へ向かう。ディスプレイモジュール142は、一般に、情報をピクセルとして表示する。ピクセルを透過した偏光した光は液晶材料の複屈折性の電氣的な制御によって調節される。このことにより光の偏光状態が変わり、ディスプレイモジュール142の一部を形成する第2偏光子層によるその相対吸収に影響が及ぼされる。

10

【0028】

図示しているように、光の供給のための2つの光源がある。第1は、光線162によって示した周囲の光である。この光はディスプレイモジュール142と明るさ増進型反射偏光子110を透過し、光学キャビティ140に入射する。光学キャビティは光線165で示したように光を反射する。第2の光源は、光線163で示したように光学キャビティ自体の中で作られる。光学キャビティ140がバックライトの場合は、主要な照射源が光学キャビティ140内に生じ、光学ディスプレイは「バックライト型」と呼ばれる。主要な照射源が光線162と光線165で示された周囲の光である場合、光学ディスプレイは「反射型」または「パッシブ型」と呼ばれる。ディスプレイが周囲の光とキャビティで作られた光の両方の下で見られる場合、ディスプレイは「半透過反射型」と呼ばれる。本発明は、これらのディスプレイのタイプのそれぞれについて有用である。

20

【0029】

光の発生源に関係なく、明るさ増進型反射偏光子110と光学キャビティ140は、光を「再循環」するために協働し、最大限の量の光が適切に偏光し、観察領域136に制限される。

【0030】

一般に、明るさ増進型反射偏光子110は2つのエレメントを含んでいる。第1は特定偏光の光を観察領域に136に透過する反射偏光子本体116である。

30

【0031】

第2のエレメントは観察領域136の境界を定める光学構造層113である。光学キャビティ140はいくつかの機能を有しているが、明るさ増進型反射偏光子110との相互作用について、重要なパラメータは、入射光に対する高反射率の値と、入射光の方向と偏光状態の両方を変える光学キャビティ140の能力である。通常の光学キャビティはこれらの要求を満たしている。

【0032】

どのような光学システムでも、光の反射、損失、透過の合計は、必ず100%となる。この損失の大きな原因は吸収である。本発明において、明るさ増進型反射偏光子110は、ある種の光に対して、非常に低い吸収率と高い反射率を有している。このため、観察領域136へ直接通過しない光は光学キャビティ140へ能率的に進み、そこで変換されてキャビティから射出し、観察領域136の光に適切な特性が与えられる。

40

【0033】

光学ディスプレイ164に関し、システム全体のゲインは、光学キャビティ140の反射率と明るさ増進型反射偏光子110の反射率に依存している。本発明は、明るさ増進型反射偏光子110からの入射光の方向と偏光状態を変えるための能力に合った高反射率の背面を有する低吸収性の光学キャビティとともに使用した場合に最も効果的である。これらの目的のため、光学キャビティをアクリル樹脂などの透明誘電材料で満たすことができることに注意すべきである。

50

【0034】

好適な構造面112は幾何光学 (geometric optic) として機能するが、回折またはホログラフィー用光学エレメントを、幾何光学によって示される光の方向づけの性質を効果的に模倣するように形成できることはよく知られている。したがって、構造面112という用語が、比較的狭い観察領域136に光を制限する幾何及び回折光学システムの両方を言うものと理解されるべきである。

【0035】

図7は、本発明において明るさ増進器として機能する構造面材料の拡大図である。既に述べたように、構造面材料218は平滑面220と構造面222とを有している。好適な実施形態において、構造面222は、多数の三角プリズムを有している。好適な実施形態において、このようなプリズムは直角二等辺プリズムであるが、70度から110度の範囲の頂角を有するプリズムも、発明の効果の度合いは変わるが使用できる。構造面材料218は空気よりも屈折率の大きなあらゆる透明材料で形成できるが、一般に、より高い屈折率を有する材料の方がよい結果となる。屈折率が1.586のポリカーボネートが非常に効果的であることが分かっている。本発明の説明のために、構造面222のプリズムは、90度の角度を有するものと仮定し、構造面材料218は、ポリカーボネートであると仮定する。この代わりに、他の構造面材料を使用することもできる。対称な立方体のコーナーのシートは、優れた結果を生じることが示されている。

【0036】

図8は、構造面材料218の作用を示している。図8は2本の軸226と228を有するグラフである。これらの軸は、平滑面220の垂線に対して光線がなす角度を表している。特に、軸226は、構造面222の構造体の直線範囲 (linear extent) に平行な面に光線の方法を投影した場合に光線がなす角度を表している。同様に、軸228は、構造面222の構造体の直線範囲に直角な面に光線の方法を投影した場合に光線が平滑面220の垂線に対してなす角度を表している。したがって、平滑面220に直角に衝突する光線は、0°と表示した、図8のグラフの原点によって表される。図示しているように、図8は領域230、232、234に分割されている。領域230に入る角度で当たる光は構造面材料218に入射するが、構造面222によって全体に内側へ反射し、平滑面220を再度通過して、光学キャビティに再度入射する。平滑面220に対して、領域232または234に入るような角度で当たる光線は、透過するが、直角に対して別の角度で屈折する。ポリカーボネートの性能を示す図8に示されているように、直角に対して9.4度よりも小さな角度で平滑面に当たる光線220は、すべて反射する。

【0037】

図7に戻ると、4つの代表的な光線が示されている。まず、光線236は、平滑面に対して、グレイジング角、つまり、垂線に対して90度に近い角度で近づく。光線236が、構造面材料218に当たるときに面220の垂線に対して89.9度の角度をなす場合、光線は、構造面材料218を透過するときに垂線に対して39.1度の角度をなすように屈折する。構造面222に達すると、光線は再度屈折する。構造面222の構造体によって、光線は、構造面220の垂線に対してより小さな角度となるように屈折する。この実施形態において、それは35.6度の角度をなす。

【0038】

光線238は、平滑面220に対して、カットオフ角 (cut off angle) により近い角度で接近する。この光線も、平滑面220を通過するときに屈折するが、その度合いは小さい。光線238が平滑面220の垂線に対して10度の角度で平滑面220に接近する場合、それは、平滑面220の垂線に対して、その垂線と反対側へ37.7度の角度で構造面222から射出する。

【0039】

光線240は、カットオフ角よりも小さな角度で接近し、構造面222によって全体が2度内側へ反射し、光学キャビティの内部へ戻る。

【0040】

10

20

30

40

50

そして、光線 2 4 2 は、光線が構造面 2 2 2 のプリズムの第 2 サイドでなく第 1 サイドで全体的に内側へ反射するような位置において、光線 2 3 8 の角度に近い角度で平滑面 2 2 0 に近づく。結果として、光線は、平滑面 2 2 0 の垂線に対して大きな角度で射出する。このような反射は、光線が当たる面に対して大きな入射角度をなす方向に進行している光線に対してのみ生じるので、プリズムは、このような光線に対して非常に小さな横断面となる。さらに、これらの光線の大部分は、次のプリズムに入射して、再びディスプレイ 2 1 0 へ戻る。

【0041】

第 5 種類めの光線は図 7 には示していない。これは平滑面 2 2 0 によって反射した光線の集合であり、構造面材料 2 1 8 に入射しない。このような光線は、反射して光学キャビティ 10 へ戻った他の光線と単に一緒になる。この説明から分かるように、ディスプレイの軸に対して大きな角度でディスプレイから射出した光は、ディスプレイの軸が平滑面 2 2 0 に対して直角である場合に、その軸に近い方向へ向けられる。少量の光は、軸に対して大きな角度で方向づけられる。したがって、所定の角度よりも大きな入射角で平滑面 2 2 0 を通って構造面材料 2 1 8 に入射する光は、インプットウェッジ (input wedge) よりもせまいアウトプットウェッジ (output wedge) に方向づけられ、所定の角度よりも小さな入射角度で平滑面 2 2 0 を通って構造面材料 1 8 に入射する光の大半は、反射して光学キャビティへ戻る。

【0042】

反射して光学キャビティへ戻った光は、拡散反射器に当たる。反射した光は構造面材料 2 1 8 まで逆に進行し、一般に 1 回目とは違った角度をなす。そして、より多くの光がより小さなウェッジに再び方向づけられるように上記作用が繰り返される。本発明の重要な点は、構造面材料 2 1 8 が、角度に関してあらかじめ定められた第 1 のグループについては、それに当たる光を反射し、角度に関してあらかじめ定められた第 2 のグループについては、それに当たる光を透過・屈折することである。なお、第 2 グループの角度は第 1 グループの角度よりも大きく、第 2 グループの角度の光は、インプットウェッジよりもせまいアウトプットウェッジに屈折する。この説明において、第 1 及び第 2 グループの角度は、ディスプレイの表面、つまり液晶、に対して直角なディスプレイ軸に対するものである。 20

【0043】

図 9 は、明るさ増進型反射偏光子 1 1 0 のない場合の性能の比較のために、部分的に明るさ増進型反射偏光子 1 1 0 を設けていない光学ディスプレイ 1 6 4 の概略を示している。 30
一般に、光学キャビティ 1 4 0 のユニット領域から現れる、光束 1 4 8 で示した光は、ランダムに偏光して、(a), (b), (c) 及び (d) の光学状態を有する。光の約半分である、状態 (b) と (d) の光は、ディスプレイモジュール 1 4 2 の一部を構成する 2 色性吸収偏光子 1 5 0 によって吸収される。状態が (a) と (c) の光の残りは、2 色性吸収偏光子 1 5 0 を通過する。ディスプレイモジュール 1 4 2 から現れる、光束 1 5 2 で示した光は、したがって、状態 (a) と (c) の光を含んでいる。状態 (a) の光は観察者 1 4 6 の方へ進行するが、状態 (c) の光はその方向へ進行しない。状態 (b) と (d) を有する残りの光は、2 色性吸収偏光子 1 5 0 で吸収される。したがって、光学キャビティによって供給された光の約 4 分の 1 だけが、ディスプレイが観察者 1 4 6 によってみ 40
られるときの明るさに寄与する。

【0044】

明るさ増進器は、光学キャビティ 1 4 0 によって利用できるようにされた光をより効率的に使用できるようにするために機能する。光束 1 5 4 で示している同じユニット量の光が明るさ増進型反射偏光子 1 1 0 へ進行する場合、約 4 分の 1 の光 (状態 (a) の光) が、明るさ増進型反射偏光子 1 1 0 を第 1 回目に通る。

【0045】

この光は、2 色性吸収偏光子 1 5 0 の透過軸に合った正しい偏光を有し、光束 1 6 1 で示している。しかし、状態 (b), (c) 及び (d) の残りの光は、明るさ増進型反射偏光子 1 1 0 によって反射して光学キャビティへ戻る。この光は、光学キャビティ 1 4 0 によ 50

って、部分的に方向関係がランダム化され、偏光状態が（a）になる。したがって、この光は、光束157で示しているように、状態（a）、（b）、（c）及び（d）を有して光学キャビティから射出する。再循環した状態（a）の光は、光束160で示した最初に透過した光に加えられる。

【0046】

したがって、光束160と光束161によって示された光の量は、「再循環」によって増える。2色性吸収偏光子150の透過軸に一致した正しい偏光の光だけ（状態（a））が明るさ増進型反射偏光子110を通過するため、光束163で示された、ディスプレイから発されたより多くの光が観察者146に達する。さらに、状態（b）と（d）の光が明るさ増進型反射偏光子110によって反射するため、ごくわずかのみが2色性吸収偏光子150によって吸収される。その結果、ディスプレイから発される、光束163によって示した光量が、光線152によって示された光量よりも70パーセント明るくなる。

10

【0047】

図10は光学ディスプレイ170を示している。この光学ディスプレイモジュール142は、正面偏光子149と背面偏光子150の間に配置された液晶マトリクス147を有している。この実施形態において、光学構造層113は、反射偏光子本体116から、ギャップ171だけ隔てられている。ギャップ171は、望ましくない状態（a）の光線を反射するために設けられている。このディスプレイ170において、光学キャビティ140は、光源反射器173の中にランプ172を有するバックライトである。ランプ172からの光はライトガイド174の中に入って、スポット176などの拡散反射面に当たるまで進行する。ライトガイド174から光を効率的に引き出すために、スポットを不連続に配置するのが望ましいが、断続的な面は光を完全に再循環するのに十分ではない。したがって、再循環プロセスを促進するために、不連続面の下に、連続した拡散反射面175を配置することが好ましい。

20

【0048】

図11は、光学構造層113及び構造面112が、反射偏光子本体116に近接するが直接貼着されていない別部材である光学ディスプレイ179を示している。これら2つの部材は、協働して、ギャップ181に沿って明るさ増進型反射偏光子110を形成している。使用時に、光学キャビティ14は、ディスプレイのための光を供給するとともに、明るさ増進型反射偏光子110から戻った光の偏光状態と方向を再度変える。光学キャビティ140は、拡散反射面137として作用する燐光物質のコーティングを有するエレクトロルミネセンスパネル139を備えている。明るさ増進型反射偏光子110のこの実施形態と図10のものの違いのひとつは、臨界角134よりも大きな角度で構造面112に接近する光が、その偏光状態にかかわらず全体に内側へ反射することによって光学キャビティへ戻ることである。別の違いは、光学構造面113によって透過した光が、直角に近い角度で反射偏光子本体116を通過することである。さらに別の違いは、ディスプレイモジュール143の中に、正面偏光子149を設けて背面偏光子を設けていないことである。バックライトが支配的な光源である実施形態においては、明るさ増進型反射偏光子に並置した吸収偏光子を使用せずに適当なコントラストが得られる。

30

【0049】

図12は、標準的なエレクトロルミネセンスのバックライトとともにとった、明るさ増進型反射偏光子の実施例のテスト結果を示している。エレクトロルミネセンスのバックライトは、入射光の方向と偏光方向のランダム化に関して、光学キャビティとしての上述した要件を満たしている。比較の根拠として、曲線162は、2色性偏光子のみを単体で有し、明るさ増進型反射偏光子本体を有していないディスプレイに関する光の透過を示している。曲線164は、図12に関して上述したように、反射偏光子本体と近接層としての構造面とを有する形態の明るさ増進型反射偏光子本体を備えたディスプレイのY-Z面に関する、光の角度分布に対する光の強さを示している。曲線164は、2色性偏光子単独の場合に比較して、軸上で約60パーセントの明るさの増加を示している。また、軸から60度ずれたところでは、約50パーセントの明るさの低下が見られる。

40

50

【0050】

標準的なバックライトを使用したさらに別の実施例においては、図11に関して上述したように、反射偏光子本体と近接層としての構造面とを有する明るさ増進型反射偏光子を備えた状態で、観察面に直角なディスプレイに沿って、2色性偏光子単独のものに対して明るさが100パーセント増大することが測定された。反射偏光子単独では明るさが30パーセント増え、構造面単独では明るさが70パーセント増え、結果的に、軸上の観察で、全体の明るさの増加が100パーセントとなった。

【0051】

これら2つの実施例の間での明るさの増え方の違いは、使用されている光学キャビティの違いによる所が大きい。図12の曲線はエレクトロルミネセンスのバックライトとともにとられており、後者の実施例は標準的なバックライトとともにとられている。各タイプの光学キャビティの反射と損失は、達成される全体的な明るさの増えに影響する。

10

【0052】

図13に示した別形態の好適なディスプレイ192を用いて、明るさ増進型反射偏光子本体から射出する光線の二次元制御が可能である。それぞれが構造面112及び184を有する2つの光学構造層113及び182が、各々、互いに近接し、かつ反射偏光子本体116に近接している。これらの3つのエレメントが明るさ増進型反射偏光子本体110を構成している。図13において2つの光学構造層が反射偏光子本体116の下方に示されているが、反射偏光子本体116を本発明の範囲から逸脱する事なく、光学構造層112及び182の間や下に配置することができると理解されるべきである。二次元制御は、構造面112及び184の配向軸の交差によってすることができる。軸は、ディスプレイの用途や組み合わせられる偏光条件に応じて、90度または90度よりも大きな他の角度で配向することができる。

20

【0053】

使用時には、第1光学構造層により、Y、Z面において約70度、X、Z面において110度の観察領域が生じる。第1光学構造層182から出る光は、第2光学構造層113用の光源となり、その構造面112は、光学構造層182の構造面184とは違う配向軸を有している。例えば、2つの光学構造層113及び184の軸が90度で配向されている場合、光学構造層182はX、Z面の110度の角度内の光に作用してX、Z面の観察角度を70度よりもいくらか小さな狭い範囲に圧縮し、それによって、明るさがさらに増す。

30

【0054】

図14は、明るさ増進型反射偏光子110を単独で示す概略斜視図である。図は、本発明の構成の説明を容易にするため、縮尺どおりには示していない。図14は、本発明の説明の中でX、Y、Z方向を定める座標系を含んでいる。

【0055】

図14に示すように、明るさ増進型反射偏光子110は、構造面112を有する光学構造層113を有している。図14において、この光学構造層113は反射偏光子116上に成形されたポリマー層に重ねられ、好適な一体構造になっている。図14に示したもののような一体構造は、反射偏光子が、米国特許第5、175、030号において述べられているような作用において基材として機能する場合、反射偏光子上の構造面材料のヒートラミネーションまたは成形及び硬化などの、2枚のフィルムを接合する種々の公知技術で形成できる。その目的のため、反射偏光子と明るさ増進器が一体構造であるという説明は、それらが互いに接合されることも意味していることを理解すべきである。

40

【0056】

図14に示した好適で説明的な構造面112は、プリズム114によって代表される、プリズムアレイである。各プリズムは、X方向へのびる尾根状の頂部を有している。Y、Z面において、各プリズム114は二等辺三角形の断面形状を有し、プリズムの頂角120は90度である。プリズムアレイは好ましいが、その用途の特定の要件に合わせて、プリズムの幾何図形的配列と頂角120を変えてもよい。図14に示したプリズムアレイは、

50

光学ディスプレイから出る光を図6に示した比較的狭い観察領域136に制限するのが望ましい場合に特に有用である。しかし、他の観察角度が望ましい場合、光学構造層113は他の形態をとることができる。好ましい構造面112は幾何光学として機能するが、回折またはホログラフィー用の光学エレメントを、幾何光学によって示される光の方向づけの特性を効果的に模倣するように構成できることはよく知られている。したがって、構造面112という用語は、比較的狭い観察領域136（図6）に光を制限する幾何及び回折の両方の光学システムを説明するためとして理解されなければならない。プリズムアレイが本質的に有している偏光性は、一般的に言えば、プリズムの軸が反射偏光子の延伸方向に平行に走るときに、最大限の性能が得られる。

【0057】

10

多層スタックの光学作用

上述した図4に示したような多層スタックの光学作用について、より一般的な用語で説明する。多層スタックは無数の層を含むことができ、各層は多数の異なった材料の何で形成してもよい。特定のスタックのための材料の選択を決定する特性は、そのスタックの望ましい光学性能に依拠している。

【0058】

スタックは、スタックの中に含まれる層と同じ数の材料を含むことができる。製造を容易にするために、好適な薄い光学フィルムのスタックでは、異なった数種の材料のみが含まれる。分かりやすくするため、この説明では2つの材料を含む多層スタックについて述べる。

20

【0059】

素材間、もしくは物理的な特性の異なる科学的に同一の素材間の境界は、段階的または漸進的にすることができる。分析解法によるいくつかの単純な場合を除き、屈折率が連続的に変わる後者のタイプの層状体は、段階的な境界を持っているが隣り合った層間で特性がわずかにのみ変わる、より多くの薄い層として扱われる。

【0060】

すべての方位角からのすべての入射角度での反射作用は、フィルムスタックの各フィルム層の屈折率によって決まる。フィルムスタックのすべての層が同じ作用条件を受けると仮定すれば、スタック全体の作用を角度の機能として理解するために、スタックの2つの構成部分の間の単一の境界面を見るだけでよい。

30

【0061】

したがって、説明を分かりやすくするために、単一境界面の光学作用について述べる。しかしながら、ここで述べられる原理による現実の多層スタックは、無数の層から形成できる。図15に示すもののような単一境界面での光学作用を説明するために、 z 軸と一つの面内光軸を含む入射面に対する s 偏光と p 偏光の入射角度の関数としての反射率をプロットする。

【0062】

図15は、単一境界面を形成する2素材のフィルム層を、いずれも、屈折率が n_0 の等方性の媒質の中に浸せきした状態で示している。分かりやすくするために、この説明は、2つの素材の光軸を揃え、一方の光軸（ z ）をフィルム面に直角にし、他方の光軸を x 軸及び y 軸に沿わせた状態の、直交式多層複屈折システムについて行う。しかし、光軸が直交している必要はなく、非直交システムが本発明の本質及び範囲内に十分含まれることが理解されるべきである。さらに、本発明で意図した範囲内に含ませるために、光軸を必ずしもフィルム軸に揃えなくてもよいことも理解されるべきである。

40

【0063】

すべての厚さのフィルムのあらゆるスタックの光学特性（optics）を算出するための基本的な数理ビルディングブロック（mathematical building blocks）は、個々のフィルム境界面における、よく知られたフレネルの反射係数と透過係数である。フレネル係数は、既知の境界面の反射率の大きさを、あらゆる入射角度について、 s 偏光と p 偏光について別々の式をもって求めるものである。

50

誘電性境界面の反射率は、入射角度の関数として変化し、等方性材料に関しては p 偏光と s 偏光で大きく異なる。p 偏光の最小反射率は、いわゆるブルースター効果によるものであり、反射率がゼロになる角度はブルースター角と呼ばれる。

【0064】

あらゆるフィルムスタックにおけるあらゆる入射角度での反射率の作用は、含まれるすべてのフィルムの誘電性テンソルによって決まる。この問題の通常の理論的な扱いは、ノース・オランダ (north-holland) によって 1987 年に発行された、アール・エム・エイ・アザム (R.M.A.Azzam) とエヌ・エム・バシャラ (N.M.Bashara) の論文「エリプサムトリー (Ellipsometry) と偏光」において述べられている。結果は、一般的によく知られたマクスウェル方程式によって直接導かれる。

10

【0065】

あるシステムにおける単一境界面の反射性は、それぞれ、方程式 1 及び 2 によって求められる p 偏光及び s 偏光の反射係数の絶対値を二乗することによって計算される。方程式 1 及び 2 は、2 成分の軸を揃えた一軸性の直交系について有効である。

【0066】

【式 1】

$$1) \quad r_{pp} = \frac{n_{2z} \cdot n_{2o} \sqrt{(n_{1z}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)} - n_{1z} \cdot n_{1o} \sqrt{(n_{2z}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)}}{n_{2z} \cdot n_{2o} \sqrt{(n_{1z}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)} + n_{1z} \cdot n_{1o} \sqrt{(n_{2z}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)}}$$

20

$$2) \quad r_{ss} = \frac{\sqrt{(n_{1o}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)} - \sqrt{(n_{2o}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)}}{\sqrt{(n_{1o}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)} + \sqrt{(n_{2o}^2 - n_o^2 \sin^2 \theta)}}$$

【0067】

ここで、 θ は等方性媒質について測定した。

【0068】

1 軸性複屈折システムにおいては、 $n_{1x} = n_{1y} = n_{1o}$ であり、 $n_{2x} = n_{2y} = n_{2o}$ である。

30

【0069】

2 軸性複屈折システムについて、方程式 1 及び 2 は、図 15 に示したように、x-z または y-z 面に平行な偏光面の光のみに有効である。したがって、2 軸性システムについて、x-z 面の光の入射に関し、方程式 1 において (p 偏光について) は、 $n_{1o} = n_{1x}$ で $n_{2o} = n_{2x}$ であり、方程式 2 において (s 偏光について) は、 $n_{1o} = n_{1y}$ で $n_{2o} = n_{2y}$ である。y-z 面の光の入射に関し、方程式 1 において (p 偏光について) は、 $n_{1o} = n_{1y}$ で $n_{2o} = n_{2y}$ であり、方程式 2 において (s 偏光について) は、 $n_{1o} = n_{1x}$ で $n_{2o} = n_{2x}$ である。

【0070】

方程式 1 及び 2 は、反射率が、スタックの各材料の x, y 及び z 方向における屈折率によって決まることを示している。等方性材料においては、3 つの屈折率がすべて等しく、 $n_x = n_y = n_z$ である。 n_x , n_y 及び n_z の間の関係によって、材料の光学特性が定まる。3 つの屈折率の間の関係の相違により、等方性、1 軸性複屈折、及び 2 軸性複屈折という材料の 3 つの一般的なカテゴリーが決まる。

40

【0071】

1 軸性複屈折材料は、一方向の屈折率が他の二方向の屈折率とは異なるものとして定義される。この問題のため、1 軸性複屈折システムを表す規則は、 $n_x = n_y \neq n_z$ である。x 軸及び y 軸は面内軸として定められ、各屈折率 n_x 及び n_y は、面内屈折率と呼ばれる。

【0072】

50

1 軸性複屈折システムを作る一つの方法は、ポリマーの多層スタックを 2 軸延伸すること（例えば 2 寸法方向に沿って伸ばすこと）である。多層スタックの 2 軸延伸により、両軸に平行な面に関し、重なった層間で屈折率に差が生じ、その結果、両方の偏光面において光の反射が生じる。

【0073】

1 軸性複屈折材料は、正または負のどちらかの 1 軸的複屈折性を有している。正の 1 軸的複屈折性は、 z 屈折率が面内屈折率よりも大きい場合（ $n_z > n_x$ 及び n_y ）に生じる。負の 1 軸的複屈折性は、 z 屈折率が面内屈折率よりも小さい場合（ $n_z < n_x$ 及び n_y ）に生じる。

【0074】

2 軸性複屈折材料は、3 つの軸に関する屈折率が異なる（ $n_x \neq n_y \neq n_z$ ）ものとして定義される。この場合も、 n_x 及び n_y の屈折率は、面内屈折率と呼ばれる。2 軸性複屈折システムは、多層スタックを一方向へ延伸することにより作ることができる。言い換えれば、スタックは 1 軸方向へ伸ばされる。この問題のため、 x 方向を 2 軸性複屈折スタックの延伸方向という。

【0075】

1 軸性複屈折システム（鏡）

1 軸性複屈折システムの光学特性について以下に述べる。上述したように、1 軸性複屈折材料の一般的な条件は $n_x = n_y \neq n_z$ である。したがって、図 15 の各層 102 及び 104 が 1 軸的複屈折性であれば、 $n_{1x} = n_{1y}$ であり、 $n_{2x} = n_{2y}$ である。この問題のため、層 102 が層 104 よりも大きな面内屈折率を有し、したがって、 x 方向及び y 方向の両方で $n_1 > n_2$ であると仮定する。1 軸的複屈折性の多層システムの光学的作用は、 n_{1z} 及び n_{2z} の値を変えることによって調整して正または負の複屈折性を異なったレベルにすることができる。

【0076】

上述した方程式 1 は、図 15 に示したような 2 層からなる 1 軸性複屈折システムにおける単一境界面の反射率を求めるのに使用することができる。方程式 2 は、 s 偏光に関して、等方性フィルム（ $n_x = n_y = n_z$ ）の単純な場合のそれに同一であるように簡単に示しているので、方程式 1 のみを検討すればよい。はっきりとさせるため、フィルムの屈折率を一般的な値に特定する。 $n_{1x} = n_1 = 1.75$ 、 $n_{1z} = \text{可変}$ 、 $n_{2x} = n_{2y} = 1.50$ 、そして $n_{2z} = \text{可変}$ とする。このシステムにおいて種々可能なブルースター角を説明するため、周囲の等方性媒質に関して、 $n_o = 1.60$ とする。

【0077】

図 16 は、 n_{1z} が n_{2z} よりも大きいもしくは等しい場合（ $n_{1z} \geq n_{2z}$ ）に、等方性媒質から複屈折層に入射した p 偏光の、角度に対する反射率の曲線を示している。図 16 に示された曲線は、以下の z - 屈折率の値に関するものである。

【0078】

a) $n_{1z} = 1.75$, $n_{2z} = 1.50$ b) $n_{1z} = 1.75$, $n_{2z} = 1.57$ c) $n_{1z} = 1.70$, $n_{2z} = 1.60$ d) $n_{1z} = 1.65$, $n_{2z} = 1.60$ e) $n_{1z} = 1.61$, $n_{2z} = 1.60$ f) $n_{1z} = 1.60 = n_{2z}$ n_{1z} が n_{2z} に近づくとき、ブルースター角、つまり反射率がゼロになる角度が大きくなる。a ~ e の曲線は、角度に大きく左右される。しかし、 $n_{1z} = n_{2z}$ （曲線 f）の場合、反射率が角度に左右されることはない。言い換えれば、曲線 f の反射率は、すべての入射角について一定である。その点で、方程式 1 は、 $(n_{2o} - n_{1o}) / (n_{2o} + n_{1o})$ という、角度から独立した形に約することができる。 $n_{1z} = n_{2z}$ の場合、ブルースター効果はなく、すべての入射角度について反射率が一定になる。

【0079】

図 17 は、 n_{1z} が n_{2z} よりも小さいもしくは等しい場合の入射角度に対する反射率の曲線を示している。光は、等方性媒質から複屈折層に入射する。これらの場合、反射率は、入射角度に伴って単調に増加する。このことは、 s 偏光について見られる作用である

10

20

30

40

50

。図17の曲線aは、s偏光の一つのケースを示している。曲線b～eは、 n_z が以下の種々の値をとる場合の、p偏光のケースを示している。

【0080】

b) $n_1 z = 1.50$, $n_2 z = 1.60$ c) $n_1 z = 1.55$, $n_2 z = 1.60$ d) $n_1 z = 1.59$, $n_2 z = 1.60$ e) $n_1 z = 1.60 = n_2 z$ また、 $n_1 z = n_2 z$ (曲線e)の場合、ブルースター効果はなく、すべての入射角度について反射率が一定になる。

【0081】

図18は、図16及び17と同じで、屈折率 $n_o = 1.0$ (空気)の媒質の場合の入射を示している。図18の曲線は、 $n_2 x = n_2 y = 1.50$, $n_2 z = 1.60$ の正の1軸性材料と、 $n_1 x = n_1 y = 1.75$ の負の1軸性複屈折材料の単一境界面におけるp偏光についてプロットしたものであり、 $n_1 z$ の値は、上から下へ、以下の通りである。

【0082】

a) 1.50 b) 1.55 c) 1.59 d) 1.60 f) 1.61 g) 1.65 h) 1.70 i) 1.75 なお、図16及び17において示したように、 $n_1 z$ と $n_2 z$ の値が一致している場合 (曲線d)、反射率は角度に左右されない。

【0083】

図16、17及び18は、一方のフィルムのz軸の屈折率が他方のフィルムのz軸の屈折率に等しい場合に一つのタイプの作用から他へのクロスオーバーが生じることを示している。このことは、負及び正の1軸性複屈折材料及び等方性材料のいくつかの組み合わせについて当てはまる。他の状況は、ブルースター角がより大きな角度またはより小さな角度に変わった場合に生じる。

【0084】

面内屈折率とz軸屈折率の間で有り得る種々の関係を図19、20及び21に示している。縦軸は屈折率の相対値を示し、横軸は種々の条件を分けるためだけに使用されている。各図は、z屈折率が面内屈折率と同じ場合に、2枚の等方性フィルムについて左側で開始する。一方が右側へ向かって進むと、面内屈折率は一定に保持されたまま種々のz軸屈折率が増加または減少し、正または負の複屈折性が示される。

【0085】

図16、17及び18に関して上述したケースを図19に示している。材料1の面内屈折率は材料2の面内屈折率よりも大きく、材料1は負の複屈折性 (面内屈折率よりも小さな $n_1 z$) を有し、材料2は正の複屈折性 (面内屈折率よりも大きな $n_2 z$) を有している。ブルースター角が消え、反射率がすべての入射角度について一定になる点は、2つのz軸屈折率が同じところである。この点は、図16の曲線f、図17の曲線e、または図18の曲線dに対応している。

【0086】

図16において、材料1は材料2よりも大きな面内屈折率を有するが、材料1は正の複屈折性を有し、材料2は負の複屈折性を有している。このケースでは、ブルースターの最小値は、より小さな角度の値にのみシフトすることができる。

【0087】

図19及び20は、いずれも、2枚のフィルムの一方が等方性である場合に限って有効である。2つのケースは、材料1が等方性で材料2が正の複屈折性を有する場合、または、材料2が等方性で材料1が負の複屈折性を有する場合である。

【0088】

ブルースター効果のないポイントは、複屈折材料のz軸屈折率が等方性フィルムの屈折率に等しいところである。

【0089】

他のケースは、両方のフィルムが同じタイプ、つまり、両方が負または両方が正の複屈折性のフィルムの場合である。図21は、両方のフィルムが負の複屈折性を有する場合を示している。しかし、2枚の正の複屈折層のケースが、図21に示した2枚の負の複屈折層

10

20

30

40

50

のケースに近似していることが理解されるべきである。前述したように、ブルースターの最小値は一方の z 軸屈折率が他のフィルムのそれと等しいか交差する場合にのみ無くなる。

【0090】

さらに別のケースは、2つの材料の面内屈折率が等しく、 z 軸屈折率が異なる場合に生じる。図19～21に示された3つのケースの部分集合であるこのケースにおいて、 s 偏光はすべての角度で反射せず、 p 偏光の反射率は入射角度の増加に伴って増加する。このタイプの物品は、入射角度が増加するときに増加する p 偏光に関する反射率を有し、 s 偏光に対して透明である。この物品は、「 p 偏光子」と呼ぶことができる。

【0091】

当業者であれば、1軸性複屈折システムの作用を説明した上述の原理を、幅広い状況に合わせて望みの光学効果を得るために適用できることを容易に認識できるであろう。多層スタックの層の屈折率は、所望の光学特性を有する装置を製造するために調整することができる。多くの負及び正の1軸性複屈折システムを、種々の面内屈折率及び z 軸屈折率をもって製造することができ、かつ、ここで説明した原理を使用して、多くの有用な装置を設計製作することができる。

【0092】

2軸性複屈折システム（偏光子）

再び図15を参照して、2構成要素の直交2軸性複屈折システムについて以下に説明する。この場合も、システムは多数の層を含むことができるが、一つの境界面での光学作用について検討することによって、スタックの光学作用を理解することができる。

【0093】

2軸性複屈折システムは、一方の軸に平行な偏光面を持った光をすべての入射角度について高反射率にすることができ、同時に、他の軸に平行な偏光面を持った光をすべての入射角度について低反射率にすることができる。その結果、2軸性複屈折システムは偏光子として作用し、1つの偏光方向の光を透過し、他の偏光方向の光を反射する。各フィルムにおける、 n_x 、 n_y 及び n_z の3つの屈折率を調整することによって、所望の偏光子の作用を得ることができる。

上述したPEN/c o PENからなる多層反射偏光子は、2軸性複屈折システムの一つの例である。しかし、一般に多層スタックを構成するのに使用される材料がポリマー材料である必要はないことを理解すべきである。ここで説明される一般原則に入るあらゆる材料を、多層スタックを構成するために使用することができる。

【0094】

再度図15を参照して、分かりやすくするために、以下の値をフィルムの屈折率と仮定する。つまり、 $n_{1x} = 1.88$ 、 $n_{1y} = 1.64$ 、 n_{1z} = 可変、 $n_{2x} = 1.65$ 、 n_{2y} = 可変、 n_{2z} = 可変である。 x 方向を吸光方向と言い、 y 方向を透過方向という。

【0095】

方程式1は、延伸方向または非延伸方向における入射面を持った光の2つの重要なケースに関して、2軸性複屈折システムの角度的な作用を求めるために用いることができる。偏光子は一つの偏光方向に関しては鏡であり、他の方向に関しては窓である。延伸方向において、多数の層からなる多層スタックにおける、 $1.88 - 1.65 = 0.23$ という大きな屈折率の差は、 s 偏光に関して非常に高い反射率をもたらす。 p 偏光に関して、種々の角度での反射率は、 n_{1z} と n_{2z} 屈折率の差に左右される。

【0096】

ほとんどの用途において、理想的な反射偏光子は、すべての入射角度において、一方の軸に沿って高反射率で、他方に沿って反射率がゼロである。透過軸に沿って反射性が生じる場合、そしてそれが種々の波長で異なる場合は、偏光子の効率が低下し、透過した光に色が生じる。これらは、いずれも望ましくない結果である。このことは、たとえ面内の y 屈折率が一致していても、 z 屈折率が大きくずれていることによって引き起こされる。した

10

20

30

40

50

がって、その結果としてのシステムは、p 偏光に関して大きな反射率を有し、s 偏光については透明性が高い。このケースは、鏡の場合の検討において、「p 偏光子」と称したものである。

【0097】

図22は、PEN/c oPENの800層のスタックについて、非延伸方向に入射面を有するp 偏光に関する75°での反射率（ $-\text{LOG}[1-R]$ ）としてプロット）を示している。反射率は、可視スペクトル全体の波長（400～700nm）の関数としてプロットされている。曲線aについて、550nmでの関連屈折率は、 $n_{1y}=1.64$ 、 $n_{1z}=1.52$ 、 $n_{2y}=1.64$ 、そして $n_{2z}=1.63$ である。模型としたスタックの構成は、四分の一波長のペアの単純な直線的厚さ等級（simple linear thickness grade）で、各ペアが前のペアよりも0.3%厚くなっている。すべての層には、ガウス分布と5%の標準偏差をもったランダムな厚さの誤差が与えられた。

10

【0098】

曲線aは、透過軸（y 軸）に沿って可視スペクトル全体の高い軸ずれ反射率と、異なった波長が異なった程度の反射率につながることを示している。スペクトルが、フィルムの厚さなどの層の厚さの誤差と空間的な不均一性に敏感であるため、このことによって、2軸性複屈折システムが、非常に不均一で、「カラフル」な外観となる。ある種の用途では色の度合いが高いことが望ましいが、LCDディスプレイや他のタイプのディスプレイなど、均一さと外観上の色合いの薄さが必要な用途では、軸ずれの色の度合いを調整して、それを最小限にすることが望ましい。

20

【0099】

フィルムスタックが全ての可視波長について同じ反射率を得るように構成された場合、均一なニュートラルグレイの反射が得られる。しかし、このことは、ほとんど完全な厚さ調整を必要とする。その代わりに、軸ずれの反射率と軸ずれの色は、ブルースター条件の軸ずれを生じる非延伸の面内屈折率（ n_{1y} 及び n_{2y} ）に屈折率の不一致を導くことによって最小限にすることができ、このとき、s 偏光の反射率を最小限に保つことができる。

【0100】

図23は、2軸性複屈折システムの透過軸に沿って、軸ずれの反射率を小さくすることについて、y 屈折率の不一致を導入することの効果調べるものである。 $n_{1z}=1.52$ 及び $n_{2z}=1.63$ （ $\Delta n_z=0.11$ ）で、以下の条件でp 偏光についてプロットした。

30

【0101】

a) $n_{1y}=n_{2y}=1.64$ b) $n_{1y}=1.64$ 、 $n_{2y}=1.62$ c) $n_{1y}=1.64$ 、 $n_{2y}=1.66$ 曲線aは、面内屈折率 n_{1y} と n_{2y} が等しい場合の屈折率を示している。曲線aは0°のときに最小の反射率を有し、20°を越えると急激に上昇している。

【0102】

曲線bについては、 $n_{1y}>n_{2y}$ で、反射率は急速に増加している。曲線cは、 $n_{1y}<n_{2y}$ で、38°のときに反射率が最小で、その後急激に上昇している。曲線dによって示されているように、 $n_{1y}\neq n_{2y}$ のs 偏光に関して、相当の反射が生じる。図23の曲線a～dは、y-屈折率の不一致（ $n_{1y}-n_{2y}$ ）の表れが、存在するブルースターの最小値のため、z-屈折率の不一致（ $n_{1z}-n_{2z}$ ）と同じであるべきであることを示している。 $n_{1y}=n_{2y}$ の場合、s 偏光の反射率は全ての角度でゼロである。

40

【0103】

層間のz 軸屈折率の差を小さくすることによって、軸ずれの反射率をさらに小さくすることができる。 n_{1z} が n_{2z} と等しい場合、図18は、吸光軸が、それが直角入射するとき高反射率の軸ずれ角度を有し、両屈折率が一致している（例えば、 $n_{1y}=n_{2y}$ 及び $n_{1z}=n_{2z}$ ）ために、非延伸軸に沿ってどんな角度でも反射が生じないことを示している。

【0104】

50

2つのy屈折率と2つのz屈折率を正確に一致させることは、ある種のポリマー系では可能ではない。もしz軸の屈折率が偏光子の構成に合っていないければ、面内屈折率 n_{1y} と n_{2y} にわずかな不一致が必要になるであろう。他の例を、 $n_{1z} = 1.56$ 及び $n_{2z} = 1.60$ ($\Delta n_z = 0.04$)と仮定して、以下のy屈折率、すなわち、a) $n_{1y} = 1.64$, $n_{2y} = 1.65$; b) $n_{1y} = 1.64$, $n_{2y} = 1.63$ で図24にプロットした。曲線cは両方のケースのs偏光についてである。y屈折率の不一致の表れがz屈折率の不一致と同じ曲線aの場合、最も低い軸ずれ角度の反射率となった。

【0105】

図24の曲線aの条件の下で、 75° の入射角での800層のフィルムのスタックの軸ずれの反射率の計算値を、図22の曲線bにプロットしている。図22の曲線bを曲線aと比較すると、曲線bにプロットされた条件に関して、はるかに小さい軸ずれの反射率、したがってより小さな知覚色があることが示されている。550nmでの曲線bの関連屈折率は、 $n_{1y} = 1.64$, $n_{1z} = 1.56$, $n_{2y} = 1.65$, $n_{2z} = 1.60$ である。

10

【0106】

図25は、p偏光について、図15に関連して説明した軸ずれの反射率を要約する方程式1の輪郭のプロットを示している。非延伸方向に含まれる4つの独立した屈折率を、2つの屈折率の不一致 Δn_z と Δn_y に変えた。プロットは、入射角を、 0° から 75° までの15度ずつの複数の角度での、6つのプロットの平均値である。反射率は、 0.4×10^{-4} の一定の増分で、輪郭aの 0.4×10^{-4} から、輪郭jの 4.0×10^{-4} までの範囲である。プロットは、一つの光学軸に沿った屈折率の不一致によって生じた高反射率が、他の軸に沿った不一致によってどのようにオフセットし得るかを示している。

20

【0107】

したがって、2軸性複屈折システムの層間のz屈折率の不一致を小さくすることによって、及び／またはブルースター効果を生じるためにy屈折率の不一致を導入することによって、軸ずれの反射率、したがって軸ずれの色が、多層反射偏光子の透過軸に沿って最小限になる。

【0108】

また、せまい波長範囲で機能する狭帯域偏光子を、ここで説明した原理を用いて構成することができることにも注意すべきである。これらは、例えば、赤、緑、青、シアン、マゼンタまたはイエローの偏光子を製造するために用いることができる。

30

【0109】

材料選択及び加工

上述した構成を考慮すれば、当業者であれば、所望の屈折率の関係を生じるように選択された条件下で処理するときに、本発明に係る多層の鏡または偏光子を形成するために多種の材料を使用できることを容易に理解できるであろう。一般に、要求されるもの全ては、材料の一つが、第2の材料に比較して、選択した方向に異なった屈折率を有することである。この差異は、(例えば有機ポリマーの場合の)フィルム形成の際またはその後の延伸、(例えば液晶材料の場合の)押出成形、またはコーティングなどの、種々の方法で得ることができる。さらに、2つの材料が、それらを同時に押出成形することができるように、同様の流動特性(例えば熔融粘度)を有していることが好ましい。

40

【0110】

一般に、適当な組み合わせは、第1材料として結晶質もしくは半結晶質の有機ポリマーを、第2材料として有機ポリマーを選択することによって行われる。第2材料は、結晶質、半結晶質、または非晶質としたり、第1材料とは逆の複屈折性を有するものにしたりできる。

【0111】

好ましい材料の実例としては、ポリエチレンナフタレート(PEN)とそのアイソマー(例えば、2,6-, 1,4-, 1,5-, 2,7-, 及び2,3-PEN)、ポリアルキレンテレフタレート(例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレー

50

ト、及びポリ－１，４－シクロヘキサンジメチレンテレフタレート）、ポリイミド（例えばポリアクリル酸イミド）、ポリエーテルイミド、アタクティックポリスチレン、ポリカーボネート、ポリメタクリレート（例えば、ポリイソブチルメタクリレート、ポリプロピルメタクリレート、ポリエチルメタクリレート、及びポリメチルメタクリレート）、ポリアクリレート（例えば、プリブチルアクリレート及びポリメチルアクリレート）、セルロース誘導体（例えば、エチルセルロース、セルロースアセテート、セルロースプロピオネート、セルロースアセテートブチレート、及びニトロセルロース）、ポリアルキレンポリマー（例えば、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリブチレン、ポリイソブチレン、及びポリ（４－メチル）ペンテン）、フッ素化ポリマー（例えば、ペルフルオロアルコキシ樹脂、ポリテトラフルオロエチレン、フッ素化エチレン－プロピレン共重合体、ポリフッ化ビニリデン、及びポリクロロトリフルオロエチレン）、塩化ポリマー（例えば、ポリ塩化ビニリデン及びポリ塩化ビニル）、ポリスルホン、ポリエーテルスルホン、ポリアクリロニトリル、ポリアミド、シリコン樹脂、エポキシ樹脂、ポリ酢酸ビニル、ポリエーテルアミド、アイオノマー樹脂、エラストマー（例えば、ポリブタジエン、ポリイソプレン、及びネオプレン）、及びポリウレタンがある。他の好ましいものには、例えば、PENの共重合体（例えば、２，６－，１，４－，１，５－，２，７－、及び／または２，３－ナフタリンジカルボン酸またはそのエステルと、（a）テレフタル酸またはそのエステル、（b）イソフタル酸またはそのエステル、（c）フタル酸またはそのエステル、（d）アルケングリコール、（e）シクロアルケングリコール（例えば、シクロヘキサンジメタノールジオール）、（f）アルケンジカルボン酸、及び／または（g）シクロアルケンジカルボン酸（例えば、シクロヘキサンジカルボン酸）と、の共重合体）、ポリアルキレンテレフタレートの共重合体（例えば、テレフタル酸またはそのエステルと、（a）ナフタリンジカルボン酸またはそのエステル、（b）イソフタル酸またはそのエステル、（c）フタル酸またはそのエステル、（d）アルケングリコール、（e）シクロアルケングリコール（例えば、シクロヘキサンジメタノールジオール）、（f）アルケンジカルボン酸、及び／または（g）シクロアルケンジカルボン酸（例えば、シクロヘキサンジカルボン酸）と、の共重合体、及びスチレン共重合体（例えば、スチレン－ブタジエン共重合体及びスチレン－アクリロニトリル共重合体、４，４’－ビベンゾイック（bibenzoic）酸及びエチレングリコールがある。さらに、個々の層は、それぞれ、上述した重合体または共重合体の２つ以上の混合体（例えば、SPSとアタクティックポリスチレンの混合体）を含ませることができる。

【０１１２】

偏光子の場合に特に好ましい層の組み合わせには、PEN／c o PEN、ポリエチレンテレフタレート（PET）／c o－PEN、PEN／SPS、PET／SPS、PEN／イーステア（Eastair）、及びPET／イーステアが含まれる。ここで、「c o－PEN」は、（上述した）ナフタリンジカルボン酸を基にした共重合体または混合体を言い、イーステアは、イーストマン・ケミカル・カンパニーから入手可能なポリシクロヘキサンジメチレンテレフタレートである。

【０１１３】

鏡の場合に特に好ましい層の組み合わせには、PET／エクデル（Ecdel）、PEN／エクデル、PEN／SPS、PEN／THV、PEN／c o－PET、及びPET／SPSが含まれる。ここで、「c o－PET」は、（上述した）テレフタル酸を基にした共重合体または混合体を言い、エクデルはイーストマン・ケミカル・カンパニーから入手可能な熱可塑性ポリエステルであり、THVはスリーエム・カンパニーから入手可能なフルオロポリマーである。

【０１１４】

この装置の層の数は、経済的な理由で、最小限の数の層で所望の光学特性が得られるように選択される。偏光子と鏡の両方のケースで、層の数は１０，０００よりも少ないことが好ましく、より好ましくは５，０００よりも少なく、（さらに好ましくは）２，０００よりも少ない。

10

20

30

40

50

【0115】

上述したように、種々の屈折率の間の所望の関係（したがって多層装置の光学特性）を達成する能力は、多層装置を製作するのに使用される処理条件によって影響される。延伸によって方向づけることができる有機ポリマーの場合、この装置は、多層フィルムを形成するために個々のポリマーを同時に押出成形し、選定された温度で延伸することによってフィルムを配向し、さらに、その後に、必要に応じて選定された温度でヒートセットすることによって、作成される。また、押出成形と配向ステップは同時に行うことができる。偏光子の場合、フィルムは実質的に一方向（1軸方向）へ延伸され、鏡の場合、フィルムは実質的に2方向（2軸方向）へ延伸される。

【0116】

フィルムは、延伸交差方向において、延伸交差の自然な減少（延伸率の平方根と等しい）から、圧縮される（すなわち、延伸交差方向の寸法に実質的な変化はない）まで、寸法的な弛緩が可能になっている。フィルムは、レングスオリエンター（length orienter）を使って機械の方向へ、テンターを使って幅方向へ、あるいは斜め方向へ延伸できる。

【0117】

予延伸温度、延伸温度、延伸速度、延伸率、ヒートセット温度、ヒートセット時間、ヒートセット緩和、及び延伸交差緩和は、所望の屈折率の関係を有する多層装置を生産するために選定される。これらの変数は相互依存しており、したがって、例えば、比較的遅い延伸速度は、例えば比較的低い延伸温度と一緒にあれば使用することができる。所望の多層装置を得るためにこれらの変数の適当な組み合わせをどのように選択するかは、当業者であれば明らかであろう。しかし、一般に、1:2~10（より好ましくは1:3~7）の延伸率が、偏光子の場合には好ましい。鏡の場合には、一方の軸に沿った延伸率が1:2~10（より好ましくは1:2~8、最も好ましくは1:3~7）の範囲内で、第2の軸に沿った延伸率が1:0.5~10（より好ましくは1:1~7、最も好ましくは1:3~6）の範囲内である。

【0118】

好適な多層装置は、スピンコーティング（例えば、ジェイ・ポリム・サイエンス（J. polym. Sci）B巻30:1321（1992）（ボーズ(Boese)他）に記載されている）や真空蒸着などの技術を使って製作することもできる。後者の技術は、結晶質ポリマーの有機及び無機材料の場合に特に有用である。

次に、以下の実施例によって本発明を説明する。この実施例において、光学吸収は無視できるので、反射率は1から透過率を引いたもの（ $R = 1 - T$ ）に等しい。

【0119】

鏡の実施例PET:エクデル, 601

601層を含む同時押出成形のフィルムを、連続したフラットフィルム製造ライン上で、同時押出成形工程により作成した。固有粘度が0.6 dl/g（60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン）のポリエチレンテレフタレート（PET）を一つの押出成形機から1時間に75ポンドの速度で押し出し、エクデル9966（イーストマン・ケミカルから入手可能な熱可塑性エラストマー）を、他の押出成形機から1時間に65ポンドの速度で押し出した。PETは、表面層に用いた。601層の押し出し物を製造する2つのマルチプライヤーに通される151層を作り出すため、（米国特許第3,801,429号に記載されているような）フィードブロック（feedblock）法を使用した。米国特許3,565,985号は、代表的な同時押出成形のマルチプライヤーを説明している。ウェブは、約210°Fのウェブ温度で、約3.6の延伸率まで長さ配向（length orient）された。フィルムは、続いて、約235°Fに約50秒間予熱され、1秒当たり約6%の割合で約4.0の延伸率まで横方向に延伸された。このフィルムは、さらに、400°Fにセットされたヒートセットオーブンのなかで、その最大幅の約5%弛緩された。完成したフィルムの厚さは2.5ミルであった。

【0120】

製造された成形ウェブは、空気側の面の組織が粗く、図26に示したような透過率を備え

10

20

30

40

50

ていた。60°の角度（曲線b）でのp偏光の透過率%は、直角入射（曲線a）での値と同様であった（波長シフト）。

【0121】

比較のため、メアール・コーポレーション（Mearl Corporation）によって製造された、等方性材料と推定されるフィルム（図27参照）は、p偏光に関し、60°の角度で、反射率の顕著な損失を示している（曲線b、直角入射の曲線aと比較）。

【0122】

PET：エクデル，151

151層を含む同時押出成形のフィルムを、連続したフラットフィルム製造ライン上で、同時押出成形工程により作成した。固有粘度が0.6dl/g（60重量%のフェノール／40重量%のジクロロベンゼン）のポリエチレンテレフタレート（PET）を一つの押出成形機から1時間に75ポンドの速度で押し出し、エクデル9966（イーストマン・ケミカルから入手可能な熱可塑性エラストマー）を、他の押出成形機から1時間に65ポンドの速度で押し出した。PETは、表面層に用いた。151層を作り出すため、フィードブロック法を使用した。ウェブは、約210°Fのウェブ温度で、約3.5の延伸率まで長さ配向された。フィルムは、続いて、約215°Fに約12秒間予熱され、1秒当たり約25%の割合で約4.0の延伸率まで横方向に延伸された。このフィルムは、さらに、400°Fにセットされたヒートセットオープンの中で、約6秒間、その最大幅の約5%弛緩された。完成したフィルムの厚さは約0.6ミルであった。

10

【0123】

このフィルムの透過率を図28に示している。60°の角度（曲線b）でのp偏光の透過率%は、波長をシフトした直角入射（曲線a）での値と同様であった。同じ押出条件でウェブ速度を落として、厚さが約0.8ミルの赤外線反射フィルムを作成した。その透過率を図29に示している（直角入射の曲線a、60度での曲線b）。

20

【0124】

PEN：エクデル，225

225層を含む同時押出成形のフィルムを、一工程でキャストウェブを押出成形し、その後、フィルムを研究室のフィルム延伸装置の中で配向することによって作成した。固有粘度が0.5dl/g（60重量%のフェノール／40重量%のジクロロベンゼン）のポリエチレンナフタレート（PEN）を一つの押出成形機から1時間に18ポンドの速度で押し出し、エクデル9966（イーストマン・ケミカルから入手可能な熱可塑性エラストマー）を、他の押出成形機から1時間に17ポンドの速度で押し出した。PENは、表面層に用いた。225層の押し出し物を製造する2つのマルチプライヤーに通される57層を作り出すため、フィードブロック法を使用した。成形されたウェブは、厚さが12ミルで、幅が12インチであった。ウェブは、その後、フィルムの正方形部分をつかみ、一定の割合で両方向に同時に延伸するためのパンタグラフを使う研究室延伸装置を用いて2軸方向に配向した。7.46cm平方のウェブを100°Cで延伸器にローディングし、130°Cに60秒間加熱した。その後、延伸を（元の寸法に基づいて）

30

100%/secで開始し、サンプルを約3.5×3.5に伸ばした。延伸後すぐに、サンプルを、室温の空気を吹き付けることによって冷却した。

40

【0125】

図30は、この多層フィルムの光学応答性を示している（直角入射の曲線a、60度の曲線b）。p偏光の透過率%が、60°の角度で、（いくぶん波長をシフトした状態での）直角入射の場合と同様であることに注目されたい。

【0126】

PEN：THV 500，449

449層を含む同時押出成形のフィルムを、一工程でキャストウェブを押出成形し、その後、フィルムを研究室のフィルム延伸装置の中で配向することによって作成した。固有粘度が0.53dl/g（60重量%のフェノール／40重量%のジクロロベンゼン）のポリエチレンナフタレート（PEN）を一つの押出成形機から1時間に56ポンドの速度で

50

押し出し、THV500（ミネソタ・マイニング・アンド・マニュファクチュアリング・カンパニーから入手可能なフルオロポリマー）を、他の押出成形機から1時間に11ポンドの速度で押し出した。

【0127】

PENは、表面層に用い、PENの50%を2つの表面層に用いた。449層の押し出し物を製造する2つのマルチプライヤーに通される57層を作り出すため、フィードブロック法を使用した。キャストウェブは、厚さが20ミルで、幅が12インチであった。ウェブは、その後、フィルムの正方形部分をつかみ、一定の割合で両方向に同時に延伸するためのパンタグラフを使う研究室延伸装置を用いて2軸方向に配向した。7.46cm平方のウェブを100℃で延伸器にローディングし、140℃に60秒間加熱した。その後、延伸を（元の寸法に基づいて）10%/secで開始し、サンプルを約3.5×3.5に伸ばした。延伸後すぐに、サンプルを、室温の空気を吹き付けることによって冷却した。

10

【0128】

図31は、この多層フィルムの透過率を示している。この場合も、曲線aは直角入射での反応を示し、曲線bは60度での反応を示している。

【0129】

偏光子の例PEN:CoPEN, 449--ローカラー

449層を含む同時押出成形のフィルムを、一工程でキャストウェブを押出成形し、その後、フィルムを研究室のフィルム延伸装置の中で配向することによって作成した。固有粘度が0.56dl/g（60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン）のポリエチレンナフタレート（PEN）を一つの押出成形機から1時間に43ポンドの速度で押し出し、固有粘度が0.52（60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン）のCoPEN（70mol%の2,6NDCと30mol%のDMT）を、他の押出成形機から1時間に25ポンドの速度で押し出した。PENは、表面層に用い、PENの40%を2つの表面層に用いた。449層の押し出し物を製造する3つのマルチプライヤーに通される57層を作り出すため、フィードブロック法を使用した。キャストウェブは、厚さが10ミルで、幅が12インチであった。ウェブは、その後、フィルムの正方形部分をつかみ、一定の割合で一方向へ延伸するとともに他方向へ拘束するためのパンタグラフを使う研究室延伸装置を用いて1軸方向に配向した。7.46cm平方のウェブを100℃で延伸器にローディングし、140℃に60秒間加熱した。その後、延伸を（元の寸法に基づいて）10%/secで開始し、サンプルを約5.5×1に伸ばした。延伸後すぐに、サンプルを、室温の空気を吹き付けることによって冷却した。

20

30

【0130】

図32は、この多層フィルムの透過率を示している。曲線aはp偏光の直角入射での透過率を示し、曲線bはp偏光の60度の入射での透過率を示し、曲線cはs偏光の直角入射での透過率を示している。直角及び60°の入射の両方での非常に高いp偏光の透過率に注目されたい（85~100%）。空気/PENの境界面が60°に近いブルースター角を有しているために60°の入射でのp偏光の透過率が高いため、60°の入射での透過率はほぼ100%である。また、曲線cによって示したs偏光の可視範囲（400~700nm）での高い吸光度にも注目されたい。

40

【0131】

PEN及びCoPEN, 601--ハイカラー

601層を含む同時押出成形のフィルムを、ウェブを押出成形し、その二日後に、フィルムを他の実施例で説明したものと別のテンター（幅出し機）で配向することによって作成した。固有粘度が0.5dl/g（60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン）のポリエチレンナフタレート（PEN）を一つの押出成形機から1時間に75ポンドの速度で押し出し、固有粘度が0.55（60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン）のCoPEN（70mol%の2,6NDCと30mol%のDMT）を、他の押出成形機から1時間に65ポンドの速度で押し出した。PENは、表面層に用いた。601層の押し出し物を製造する2つのマルチプライヤーに通される151層を作

50

り出すため、フィードブロック法を使用した。米国特許第3, 565, 985号は、同様の同時押出成形用マルチプライヤーを説明している。全ての延伸はテンターの中で行った。フィルムは約280 ° Fに20秒間予熱され、1秒間に約6 %の割合で、約4. 4の延伸率に横方向へ延伸された。その後、フィルムは、460 ° Fにセットされたヒートセットオープンの中で、その最大幅の約2 %弛緩された。完成したフィルムの厚さは1. 8ミルであった。

【0132】

このフィルムの透過率を図33に示している。曲線aはp偏光の直角入射での透過率を示し、曲線bはp偏光の60度の入射での透過率を示し、曲線cはs偏光の直角入射での透過率を示している。直角及び60°の入射の両方でのp偏光の不均一な透過率に注目されたい。また、曲線cによって示したs偏光の可視範囲(400~700nm)での不均一な吸光度にも注目されたい。

10

【0133】

PET:CoPEN, 449

449層を含む同時押出成形のフィルムを、一工程でキャストウェブを押出成形し、その後、フィルムを研究室のフィルム延伸装置の中で配向することによって作成した。固有粘度が0. 60dl/g(60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン)のポリエチレンテレフタレート(PET)を一つの押出成形機から1時間に26ポンドの速度で押し出し、固有粘度が0. 53(60重量%のフェノール/40重量%のジクロロベンゼン)のCoPEN(70mol%の2, 6NDCと30mol%のDMT)を、他の押出成形機から1時間に24ポンドの速度で押し出した。PETは、表面層に用いた。449層の押し出し物を製造する3つのマルチプライヤーに通される57層を作り出すため、フィードブロック法を使用した。米国特許第3, 565, 985号は、同様の同時押出成形用のマルチプライヤーを説明している。キャストウェブは、厚さが7. 5ミルで、幅が12インチであった。ウェブは、その後、フィルムの正方形部分をつかみ、一定の割合で一方向へ延伸するとともに他方向へ拘束するためのパンタグラフを使う研究室延伸装置を用いて1軸方向に配向した。7. 46cm平方のウェブを100℃で延伸器にローディングし、120℃に60秒間加熱した。その後、延伸を(元の寸法に基づいて)10%/secで開始し、サンプルを約5. 0×1に伸ばした。延伸後すぐに、サンプルを、室温の空気を吹き付けることによって冷却した。完成したフィルムの厚さは約1. 4ミルであった。このフィルムは、層の剥離を生じる事なく配向工程を乗り切るのに十分な接着性を有していた。

20

30

【0134】

図34は、この多層フィルムの透過率を示している。曲線aはp偏光の直角入射での透過率を示し、曲線bはp偏光の60度の入射での透過率を示し、曲線cはs偏光の直角入射での透過率を示している。直角及び60°の入射の両方での非常に高いp偏光の透過率に注目されたい(80~100%)。

【0135】

PEN:CoPEN, 601

601層を含む同時押出成形のフィルムを、連続したフラットフィルム製造ライン上で、同時押出成形工程によって作成した。固有粘度が0. 54dl/g(60重量%のフェノールと40重量%のジクロロベンゼン)のポリエチレンナフタレート(PEN)を一つの押出成形機から1時間に75ポンドの速度で押し出し、CoPENを、他の押出成形機から1時間に65ポンドの速度で押し出した。CoPENは、70mol%の2, 6ナフタレートジカルボン酸メチルエステルと、15%のジメチルイソフタレートと、エチレングリコールを含む15%のジメチルテレフタレートの共重合体であった。151層を作り出すため、フィードブロック法を用いた。フィードブロックは、PENに1. 22でCoPENに1. 22の光学層の厚さの割り当て量で、層を勾配分布(gradient distribution)するように構成された。PENの表面層は、光学スタックの外面で同時押出成形し、同時押出成形層の8%の全厚であった。光学スタックは、2つの連続したマルチプライヤー

40

50

で複合化した。マルチプライヤーの公称複合比は、それぞれ、1.2及び1.22であった。このフィルムを、続いて、310°Fに約40秒間予熱し、1秒間に6%の割合で、5.0の延引率まで横方向へ延引した。完成したフィルムの厚さは約2ミルであった。

【0136】

図35は、この多層フィルムの透過率を示している。曲線aはp偏光の直角入射での透過率を示し、曲線bはp偏光の60度の入射での透過率を示し、曲線cはs偏光の直角入射での透過率を示している。直角及び60°の入射の両方での非常に高いp偏光の透過率に注目されたい(80~100%)。また、曲線cによって示したs偏光の可視範囲(400~700nm)での非常に高い吸光度にも注目されたい。吸光度は、500と650nmの間でほぼ100%である。

10

【0137】

57層のフィードブロックを使用したこれらの例では、全ての層はただ一つの光学的厚さ(550nmの1/4)に構成したが、押出成形装置により、スタックじゅうの層の厚さにずれを生じ、かなり広帯域の光学反応が生じる結果となった。151層のフィードブロックで作られた実施例に関し、フィードブロックは、可視スペクトルの一部をカバーするために層の厚さを区分けするように構成されている。そして、非対称の多層を、層の厚さの分布を広げるために使用し、米国特許第5,094,788号及び第5,094,793号で記載されているように可視スペクトルのほとんどをカバーした。

【0138】

多層フィルムの光学的作用に関する上述の原理と例は、図1~3、6、9~11または13に示したディスプレイの形態のどれにでも適用することができる。

20

【0139】

図1~3に示したようなディスプレイにおいては、反射偏光子がLCDパネルと光学キャビティの間に位置している場合、ハイカラー偏光子が使われるであろう。ハイカラー偏光子は、広い角度で光を均一に透過しないので、不均一な外観を呈し、軸ずれで「色のついた」状態となる。しかし、高度に平行にした光線が望まれるこれらの用途では、ハイカラーの反射偏光子の軸ずれ性能はさほど重要ではない。

【0140】

また、反射偏光子とLCDパネルの間にディフューザーを配置する用途においては、広角度のローカラー偏光子が望ましい。この構成において、ディフューザーは、反射偏光子から入射した光の方向をランダム化するように作用する。反射偏光子がハイカラーであった場合は、反射偏光子によって生じた軸ずれの色のいくらかが、ディフューザーによって直角に向かって再度方向づけられる。このことは、直角の観察角度でディスプレイが不均一な外観となるので望ましくない。

30

【0141】

したがって、反射偏光子とLCDパネルの間にディフューザーが配置されているディスプレイに関しては、ローカラーで広角度の偏光子が好ましい。

【0142】

図1~3に示したディスプレイにおける、ローカラーで広角度の偏光子の他の利点は、望ましくない偏光が、直角の入射角度だけでなく、非常に大きな軸ずれ角度でも反射することである。このことにより、光のさらなるランダム化と再循環が生じ、その結果、ディスプレイシステムにおける明るさが増すことになる。

40

【0143】

図9及び10に示したディスプレイの構成に関しては、LCDパネルと光学キャビティの間に明るさ増進型反射偏光子が配置されている。これらの構成においては、ローカラーで広角度の反射偏光子が好ましい。このことは、構造面材料の光線ターン効果によるものである。この効果は、図7に関して説明することができる。明るさ増進型反射偏光子では、光は、まず反射偏光エレメントを透過する。したがって、図7に示した光線236のように大きな軸ずれ角を有する光線は、反射偏光エレメントを透過して構造面材料218の平坦面に当たる。図7は、構造面材料218が、光線236を、この材料の構造面側から出

50

るときに直角方向に向け直す光線ターンレンズとして作用することを示している。したがって、ローカラーで広角度の反射偏光子が明るさ増進型反射偏光子として好ましく、それは、そうでなければ望ましくない色の光が観察者の通常の観察角度に向けられるためである。広角度でローカラーの反射偏光子を使用することによって、通常の観察角度でのディスプレイの均一性が維持される。

したがって、明るさ増進型反射偏光子は、直角からずれた角度でのブルースター効果を導入することによって軸ずれの色が減じられる、図23～25、特に図24に関する上述の説明から利益を得ることができる。上述したように、このことは、多層になった反射偏光子の層の間でy屈折率を不一致にすることと、層の間でz屈折率の不一致を小さくすることによって達成される。したがって、明るさ増進型反射偏光子のあらゆる所望の組み合わせは、(90°の構造面材料に関して図7及び8に示したような各光学作用が与えられた)構造面材料のプリズムの角度を調整することによって、(図23～25に関して上述したようにこの作用を調整できるので)y屈折率を不一致にするとともにz屈折率の不一致を小さくすることによって調整可能な所望の軸ずれの色の性能まで、行うことができる。

【0144】

図11に示したようなディスプレイの構成において、反射偏光子は、構造面の高光度フィルムとLCDパネルの間に配置される。この構成において、反射偏光子の拘束は、ハイカラーまたはローカラーに関して限定的でない。このことは、構造面材料の光線ターン効果によるものである。構造面材料が光を直角方向へ向けて光を非常に広角度では透過しないため(例えば図8参照)、ローカラーで広角度の反射偏光子は必ずしも必要ではない。この効果は、構造面材料の交差した2つのピースが反射偏光子の後ろに配置された、図13のディスプレイにおいてより顕著である。この結果、反射偏光子に入射した光の二次元視準が生じる。

【0145】

例示的な実施例に関して本発明を説明したが、添付の請求の範囲に規定されている本発明の本質と範囲から逸脱することなく種々の変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

図面は、本発明の代表的で説明的な例を示している。各図を通じ、同じ参照番号は同じ構成物を示している。

【図1】本発明に係る光学ディスプレイの概略断面図である。

【図2】本発明に係る説明的な光学ディスプレイの概略断面図である。

【図3】本発明に係る説明的な光学ディスプレイの概略断面図である。

【図4】本発明の反射偏光子の拡大断面図である。

【図5】反射偏光子の性能のグラフである。

【図6】明るさを増した本発明の光学ディスプレイの概略図である。

【図7】明るさ増進器の作用を示す略図である。

【図8】明るさ増進器の作用を示すグラフである。

【図9】説明的な光学ディスプレイの概略断面図である。

【図10】説明的な光学ディスプレイの概略断面図である。

【図11】説明的な光学ディスプレイの概略断面図である。

【図12】テスト結果のグラフである。

【図13】説明的な光学ディスプレイの概略断面図である。

【図14】明るさ増進型反射偏光子の概略断面図である。

【図15】一つの境界面を形成した、2層に重ねたフィルムを示している。

【図16】屈折率が1.60の媒質内での一軸性複屈折システムにおける角度に対する反射率の曲線を示している。

【図17】屈折率が1.60の媒質内での一軸性複屈折システムにおける角度に対する反射率の曲線を示している。

【図18】屈折率1.0の媒質内での一軸性複屈折システムにおける角度に対する反射率の曲線を示している。

10

20

30

40

50

【図 1 9】一軸性複屈折システムにおける面内屈折率と z - 屈折率の間の種々の関係を示している。

【図 2 0】一軸性複屈折システムにおける面内屈折率と z - 屈折率の間の種々の関係を示している。

【図 2 1】一軸性複屈折システムにおける面内屈折率と z - 屈折率の間の種々の関係を示している。

【図 2 2】2つの異なった一軸性複屈折システムにおける波長に対する軸ずれ屈折率を示している。

【図 2 3】二軸性の複屈折フィルムにおいて y - 屈折率を変えることの効果を示している。

10

【図 2 4】二軸性の複屈折フィルムにおいて z - 屈折率を変えることの効果を示している。

【図 2 5】図 1 8 及び 1 9 からの情報を要約した線図を示している。

【図 2 6】あるミラーの例における多層ミラーの光学性能を示している。

【図 2 7】あるミラーの例における多層ミラーの光学性能を示している。

【図 2 8】あるミラーの例における多層ミラーの光学性能を示している。

【図 2 9】あるミラーの例における多層ミラーの光学性能を示している。

【図 3 0】あるミラーの例における多層ミラーの光学性能を示している。

【図 3 1】あるミラーの例における多層ミラーの光学性能を示している。

【図 3 2】ある偏光子の例における多層偏光子の光学性能を示している。

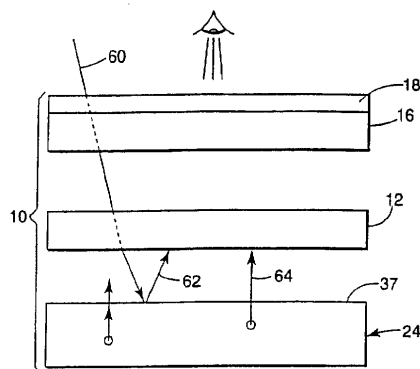
20

【図 3 3】ある偏光子の例における多層偏光子の光学性能を示している。

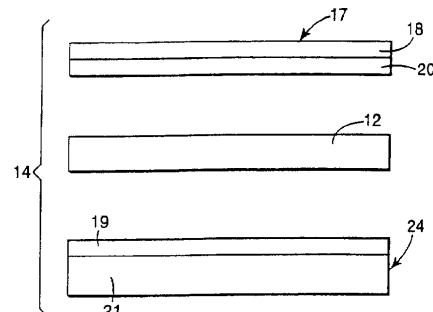
【図 3 4】ある偏光子の例における多層偏光子の光学性能を示している。

【図 3 5】ある偏光子の例における多層偏光子の光学性能を示している。

【図 1】

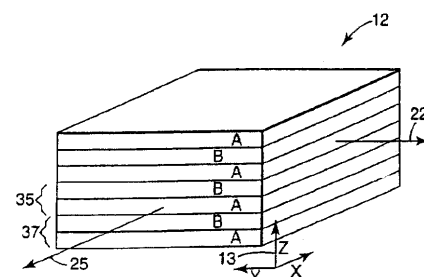
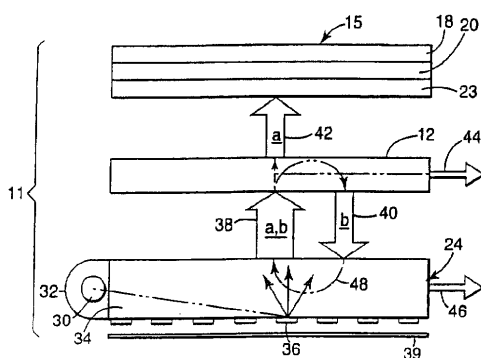


【図 3】

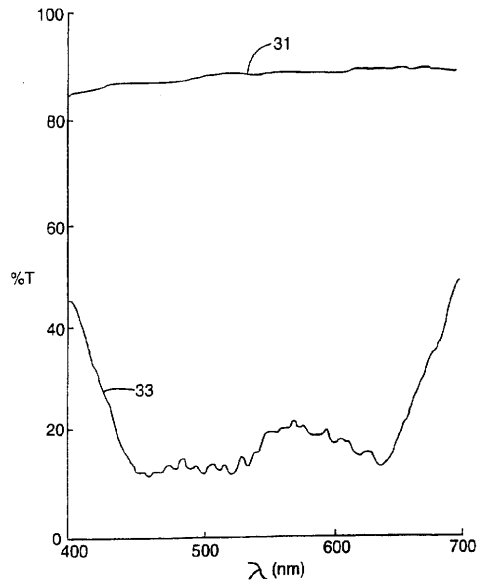


【図 4】

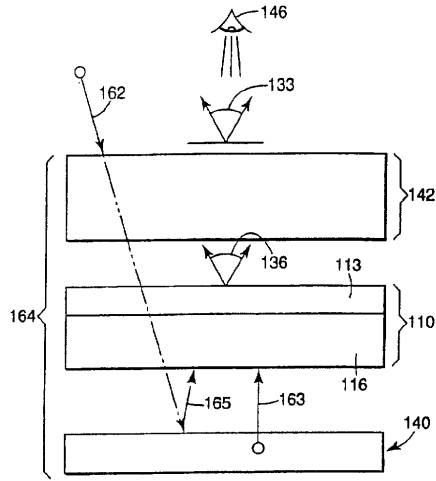
【図 2】



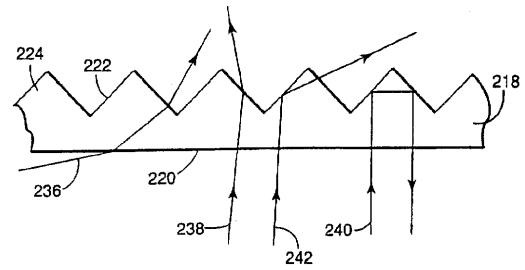
【図 5】



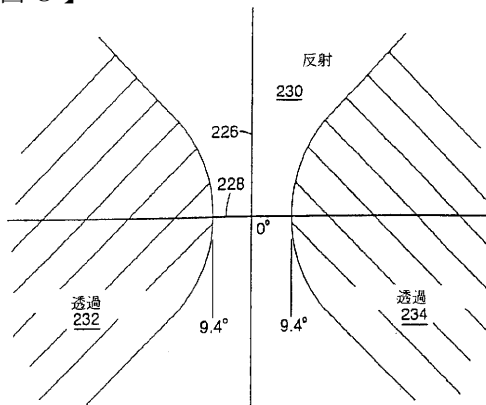
【図 6】



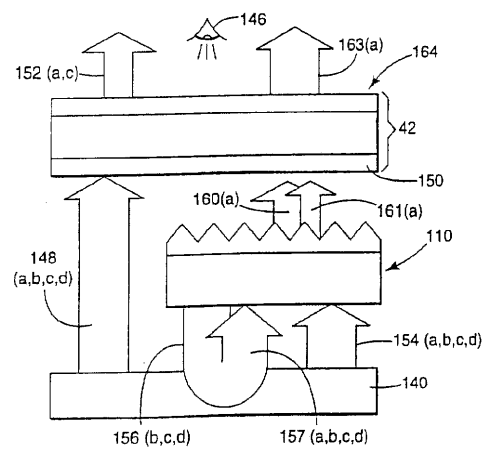
【図 7】



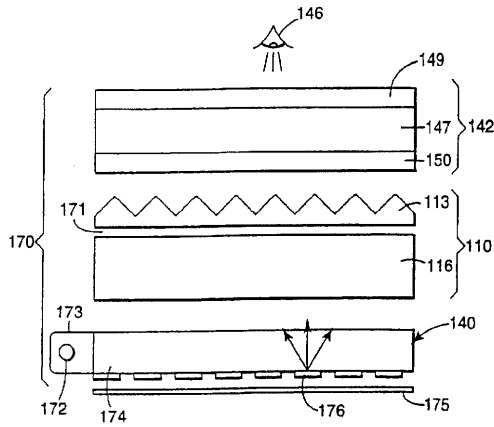
【図 8】



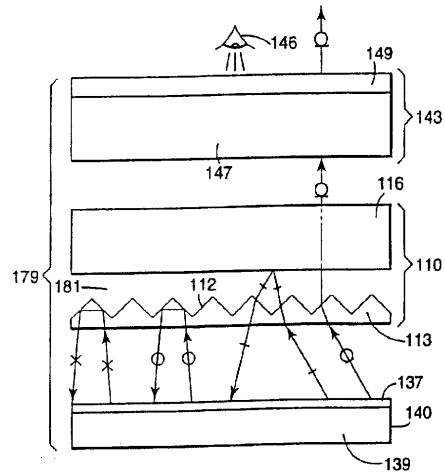
【図 9】



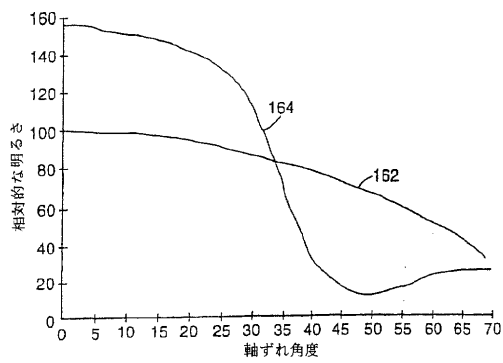
【図 10】



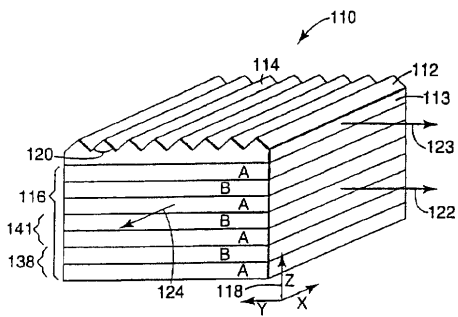
【図 11】



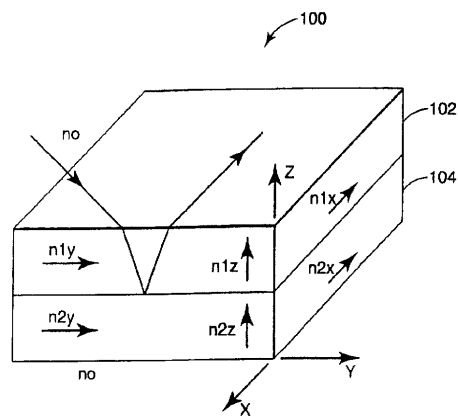
【図 12】



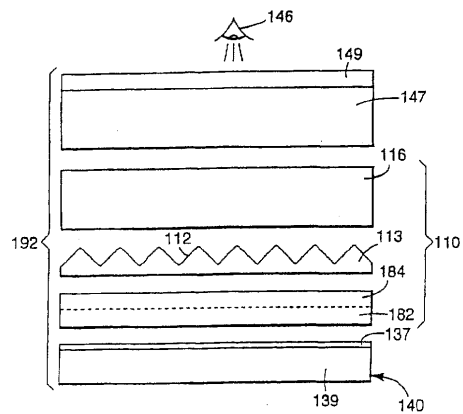
【図 14】



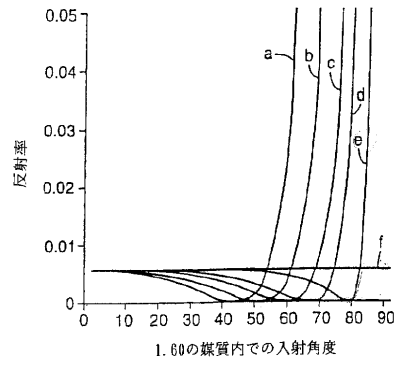
【図 15】



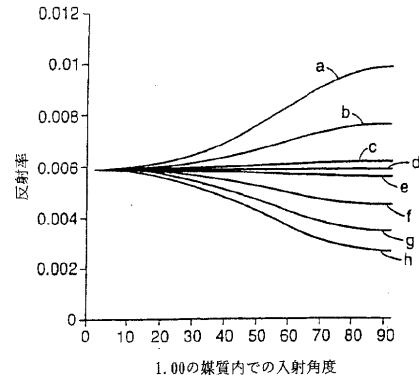
【図 13】



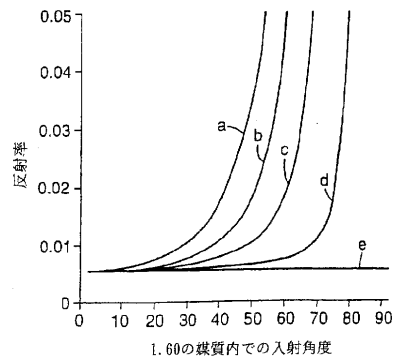
【図 16】



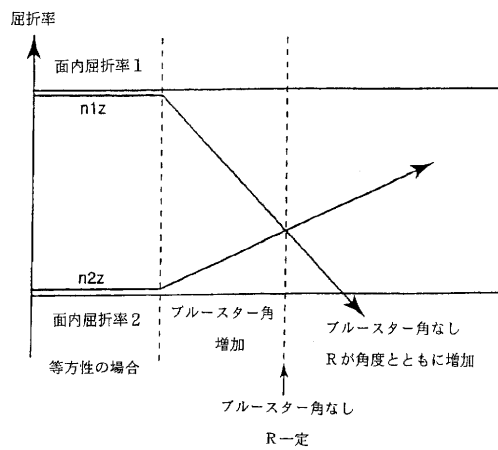
【図 18】



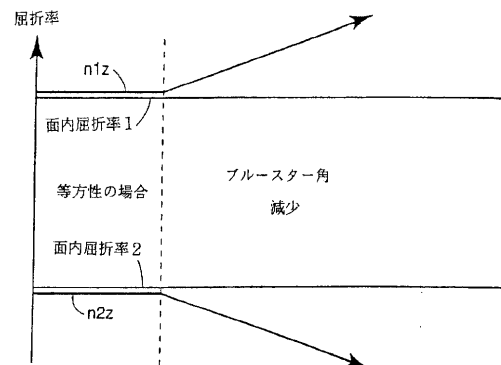
【図 17】



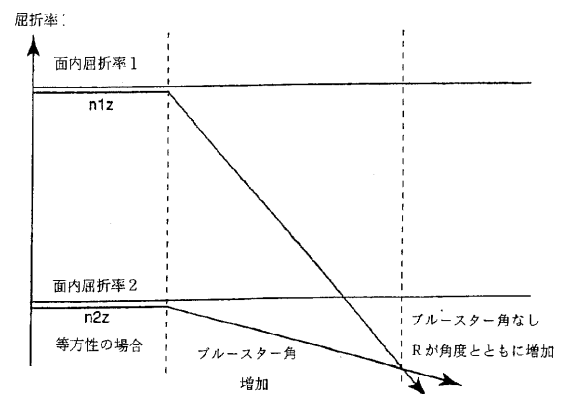
【図 19】



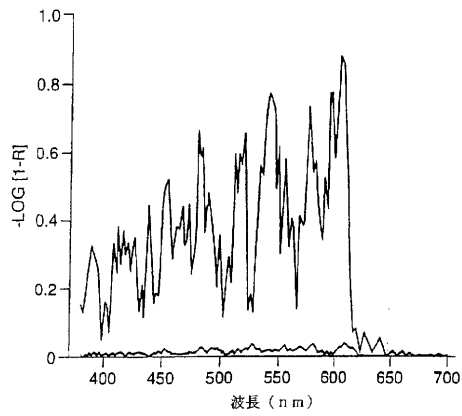
【図 20】



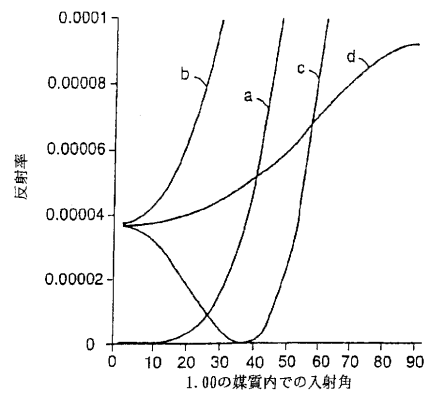
【図 21】



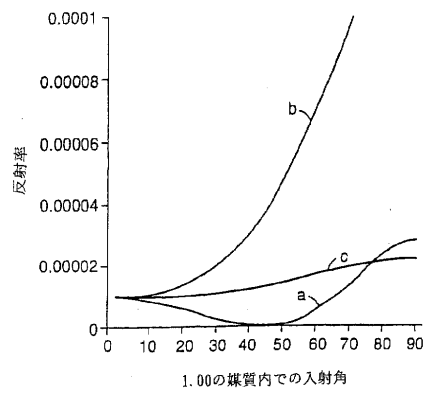
【図 2 2】



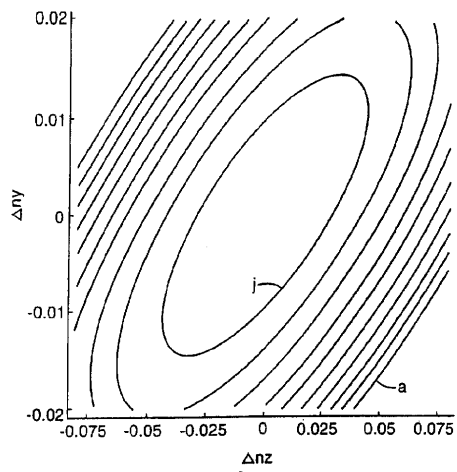
【図 2 3】



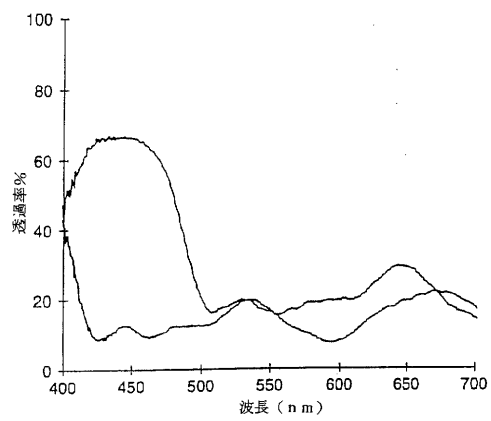
【図 2 4】



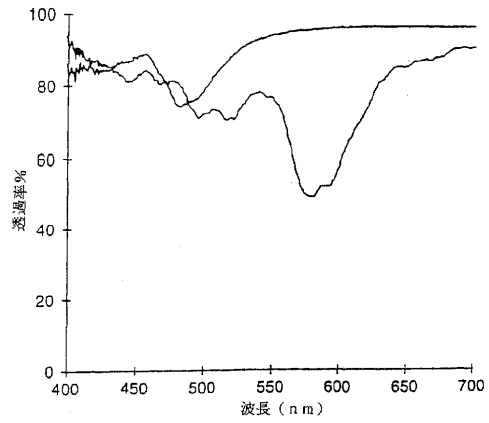
【図 2 5】



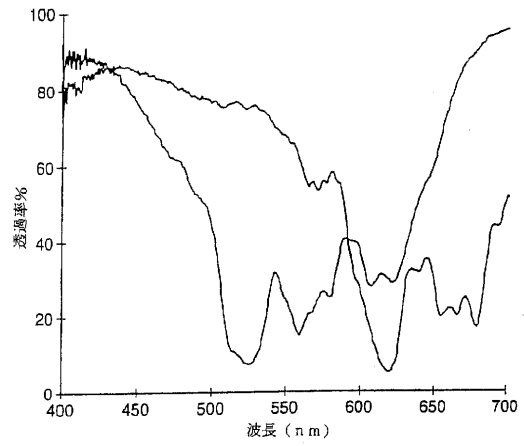
【図 2 6】



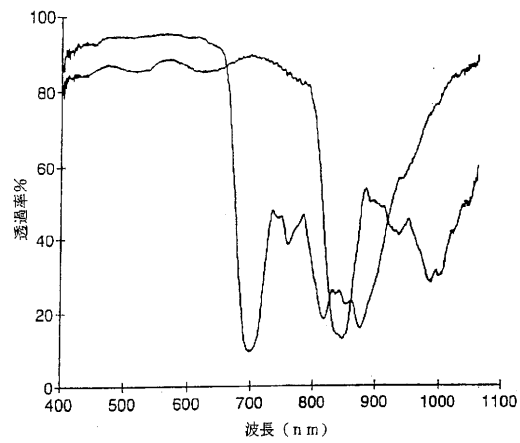
【図 27】



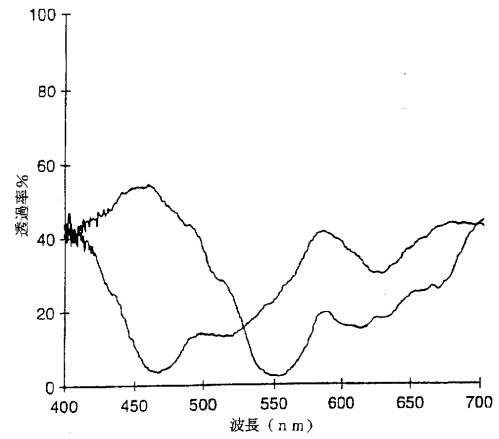
【図 28】



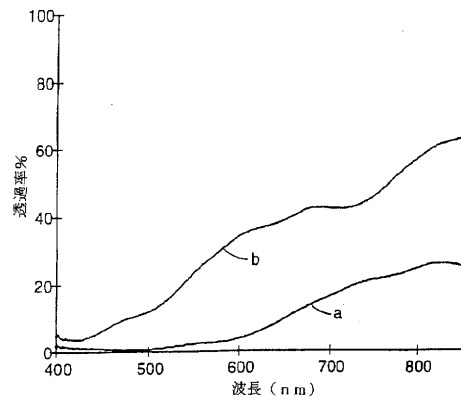
【図 29】



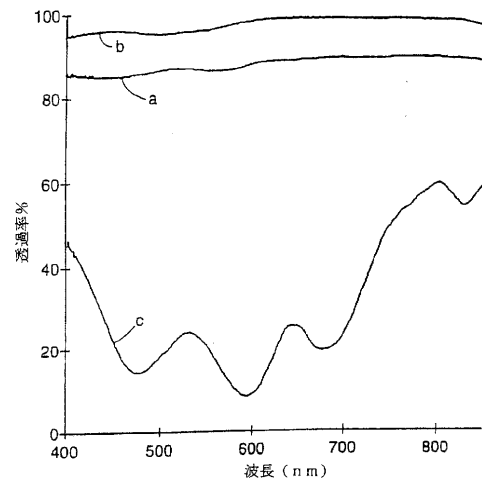
【図 30】



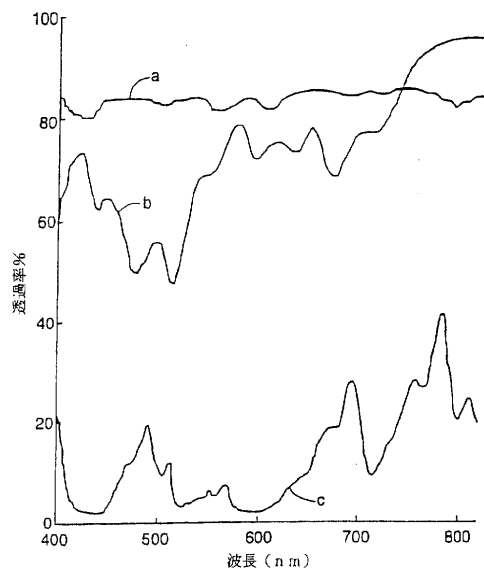
【図 3 1】



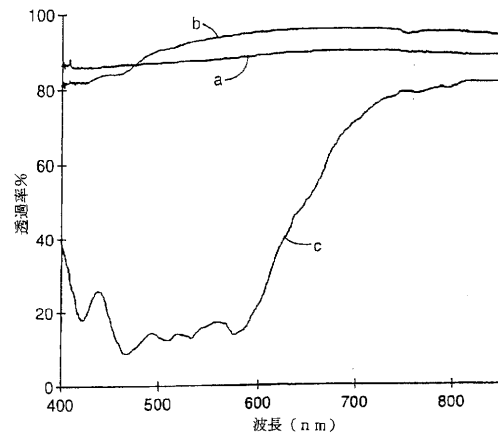
【図 3 2】



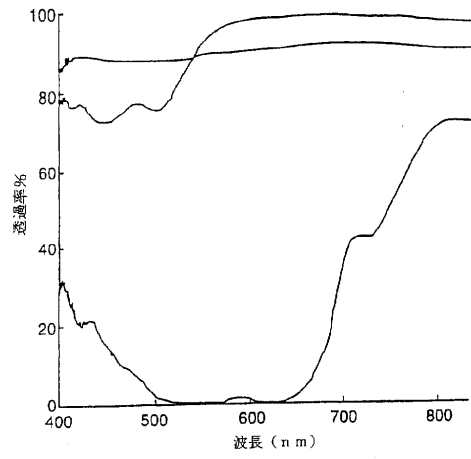
【図 3 3】



【図 3 4】



【図 3 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 オウダーカーク、アンドリュー・ジェイ
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番
- (72)発明者 ウェバー、マイケル・エフ
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番
- (72)発明者 ジョンザ、ジェームス・エム
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番
- (72)発明者 ストーバー、カール・エイ
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番
- (72)発明者 コブ、サンフォード・ジュニア
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番
- (72)発明者 ウォートマン、デビッド・エル
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番
- (72)発明者 ベンソン、オレスター・ジュニア
アメリカ合衆国 55133-3427 ミネソタ州、セント・ポール、ポスト・オフィス・ボックス33427番

審査官 右田 昌士

- (56)参考文献 特開平05-203950 (JP, A)
欧州特許出願公開第00573905 (EP, A1)
特開平03-075705 (JP, A)
特開平06-337413 (JP, A)
特開平03-156421 (JP, A)
特開平01-189627 (JP, A)
特開平04-278903 (JP, A)
特開平05-027216 (JP, A)
特開平05-027229 (JP, A)
特開平06-331824 (JP, A)
特開平07-036025 (JP, A)
特開平07-036032 (JP, A)
特開昭57-158801 (JP, A)
実開平04-129103 (JP, U)
米国特許第4798448 (US, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G02F 1/1335

G02F 1/13357

G02B 5/30

要解决的问题：在外部光和背光观察的半透半反式液晶显示器中实现明亮的显示。解决方案：解释多层反射偏振器12。反射偏振器设置在光学腔24和LCD模块16之间，以形成光学显示器。反射偏振器将一些光反射到光学腔24中，其中光被随机化以呈现为适当的偏振状态以最终从显示器传输。Z

图 4

