



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 33 795 T2** 2006.11.02

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 047 961 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 33 795.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US98/25967**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 963 801.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1999/036805**

(86) PCT-Anmeldetag: **08.12.1998**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **22.07.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **02.11.2000**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **08.03.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.11.2006**

(51) Int Cl.⁸: **G02B 5/124** (2006.01)
G02B 5/128 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

6579 13.01.1998 US

(73) Patentinhaber:

**Minnesota Mining & Manufacturing Company, St.
Paul, Minn., US**

(74) Vertreter:

derzeit kein Vertreter bestellt

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, IT

(72) Erfinder:

**BENSON, Jr., Olester, Saint Paul, MN 55133-3427,
US; WEBER, F., Michael, Saint Paul, MN
55133-3427, US; WHEATLEY, A., John, Saint Paul,
MN 55133-3427, US; OUDERKIRK, J., Andrew,
Saint Paul, MN 55133-3427, US; FELLOWS, T.,
Benjamin, Saint Paul, MN 55133-3427, US;
GARLAND, C., Wilson, Saint Paul, MN 55133-3427,
US; WONG, Y., Mel, Saint Paul, MN 55133-3427, US**

(54) Bezeichnung: **Rückstrahlender dichroitischer Reflektor**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Allgemeiner Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Gegenstände wie beispielsweise Folien mit charakteristischen Reflexionseigenschaften. Die Erfindung findet besondere Anwendung bei Spiegeln aus polymerem Kunststoff, Polarisatoren und Rückstrahlern.

[0002] Der Begriff "rückstrahlend" meint im Sinne des vorliegenden Textes das Attribut des Reflektierens eines schräg einfallenden Lichtstrahls in einer Richtung, die antiparallel oder nahezu antiparallel zu seiner Einfallrichtung verläuft, dergestalt, dass er zur Lichtquelle oder zu deren unmittelbaren Umgebung zurückkehrt. Der Begriff "dichroitisch" meint die Aufteilung von Licht in wenigstens zwei spektrale Komponenten durch selektives Reflektieren von Licht in einem ersten Wellenlängenbereich und selektives Durchlassen von Licht in einem zweiten Wellenlängenbereich. Der Begriff "Spiegel" meint im Sinne des vorliegenden Textes einen Körper von gestreckter Form, der linear polarisiertes Licht im Wesentlichen unverändert axial spiegelnd reflektiert, und zwar unabhängig von der Ausrichtung der linearen Polarisation relativ zu einer Achse in der Ebene des Körpers. Der Begriff "Polarisator" meint im Sinne des vorliegenden Textes einen Körper von gestreckter Form, der linear polarisiertes Licht axial im Wesentlichen in einer in Abhängigkeit von der Ausrichtung der linearen Polarisation relativ zu einer Achse in der Ebene des Körpers veränderten Form durchlässt. Weitere Begriffe sind im Glossar am Ende der Spezifikation definiert.

[0003] Die PCT-Schrift Nr. WO 95/17692 (Ouderkirk und Mitarbeiter) offenbart mehrschichtige Polymerfilme, die als reflektierende Polarisatoren konfiguriert sind, in Kombination mit verschiedenen strukturierten Oberflächenmaterialien, die Licht auf einen relativ schmalen Sichtbereich begrenzen. Es werden Mehrschichtfilme mit doppelbrechenden Schichten besprochen, einschließlich Filmen, wo die Außerebenen-Brechungsindizes benachbarter Schichten aufeinander abgestimmt werden. Zu strukturierten Oberflächenmaterialien gehören solche mit mehreren Dreiecksprismen sowie Folien mit symmetrischen Tripelspiegeln. Eine Besprechung der Mehrschichtfilme, die als Spiegel konfiguriert sind, ist ebenfalls enthalten, einschließlich eines Infrarotreflexionsspiegels mit axialer Transmission von über 80% bei 400 bis 700 nm mit einer Abschwächung der Durchlässigkeit (erhöhte Remission) bei einigen Wellenlängen von über als 700 nm.

[0004] US-Patent Nr. 4,175,775 (Kruegle) offenbart einen Lichtbildausweis mit einer Fotografie, die hinter einer Filterregion verborgen ist und vor einem rückstrahlenden Material mit großer Helligkeitsverstärkung angeordnet ist. Die Filterregion absorbiert praktisch das gesamte auf sie einfallende Licht und kann einen halbdurchlässigen Spiegel aufweisen, weist aber "vorteilhafterweise" ein Filtermaterial auf, das infrarotes oder ultraviolette Licht durchlässt, aber im Wesentlichen alles sichtbare Licht blockiert.

[0005] Die PCT-Schrift Nr. WO 97/11353 (Wesolowicz und Mitarbeiter) offenbart ein lasergestütztes Zielerfassungssystem für Such- und Rettungseinsätze. Es werden speziell hergestellte Rückstrahlungselemente besprochen, bei denen ein Basisrückstrahlungselement Laserenergie bei einer ersten Wellenlänge reflektiert, aber eine optische Eigenschaft separat von der Reflexion bei der ersten Wellenlänge beeinflusst. Für den Fall einer Rückstrahlungsfolie ist eine polymere Schutzschicht offenbart, die sich zur Dotierung mit einem Farbstoff eignet, um die spektralempfindliche Beschichtung herzustellen. Zu alternativen Wellenlängenunterscheidungsmaterialien, die besprochen werden, gehört ein dielektrischer Stapel.

[0006] US-Patent Nr. 5,559,634 (Weber) offenbart einen rückstrahlenden Polarisator, der optische Dünnschichten enthält, die auf ein strukturiertes Material aufbeschichtet sind, und der einen einfallenden Lichtstrahl in polarisierte Komponenten aufteilt, wobei eine Komponente durch den Polarisator durchgelassen wird und die andere Komponente zur Quelle zurück reflektiert wird.

[0007] Zwei bekannte Arten von Rückstrahlungsfolien sind Mikrokugelfolie und Tripelspiegelfolie. Mikrokugelfolie, mitunter auch "Perlenfolie" genannt, ist mit einer Vielzahl von Mikrokugeln versehen, die in der Regel wenigstens teilweise in eine Bindeschicht eingebettet sind und mit spiegelnd oder diffus reflektierende Materialien (beispielsweise Pigmentpartikel, Metallflocken, Aufdampfungsüberzüge) verbunden sind, um einfallendes Licht zurückzustrahlen. Veranschaulichende Beispiele sind in den US-Patenten Nr. 3,190,178 (McKenzie), 4,025,159 (McGrath) und 5,066,098 (Kult) offenbart. Tripelspiegelrückstrahlungsfolie weist einen Körperabschnitt auf, der in der Regel eine im Wesentlichen planare Vorderseite und eine strukturierte Rückseite aufweist, die mehrere Tripelspiegelelemente enthält. Jedes Tripelspiegelelement weist drei zueinander ungefähr senkrecht stehende optische Flächen auf. Als Beispiele seien genannt: US-Patent Nr. 1,591,572 (Stimson), 4,588,258 (Hoopman), US-Patent Nr. 4,775,219 (Appledorn und Mitarbeiter), US-Patent Nr. 5,138,488 (Szc-

zech) und US-Patent Nr. 5,557,836 (Smith und Mitarbeiter). Es ist bekannt, auf die strukturierte Oberfläche eine Versiegelungsschicht in einem regelmäßigen Muster aus geschlossenen Polygonen aufzubringen, die isolierte, versiegelte Zellen bilden, um die einzelnen Tripelspiegelelemente vor Verschmutzung zu schützen. Wärme und Druck, die zur Herstellung der Zellen angelegt werden, zerstört oder verformt die Tripelspiegelelemente, die entlang den Polygongrenzen angeordnet sind. Flexible Tripelspiegelfolien wie beispielsweise jene, die im US-Patent Nr. 5,450,235 (Smith und Mitarbeiter) offenbart sind, sind ebenfalls bekannt und können in Ausführungsformen, die weiter unten beschrieben werden, integriert werden.

[0008] Es besteht ein fortgesetzter Bedarf an Gegenständen mit neuartigen Reflexionseigenschaften, die in großen Bahnen zu relativ günstigen Stückkosten hergestellt werden können. Solche Gegenstände können in eine Vielzahl von Endverwendungszwecken integriert werden, wie beispielsweise Authentifizierung, Aufmerksamkeitssteigerung, persönliche Sicherheit, Suche und Rettung, Spielzeug, Spiele und Dekorationsartikel.

Kurzdarstellung der Erfindung

[0009] Im vorliegenden Text werden kombinierte reflektierende/rückstrahlende Gegenstände offenbart, die einen reflektierenden Polymerfilm und eine rückstrahlende Schicht aufweisen, wobei der reflektierende Film abwechselnde Schichten aus wenigstens einem ersten und einem zweiten Polymer aufweist, wobei die abwechselnden Schichten so konfiguriert sind, dass sie einen relativ hohen Reflexionsgrad für senkrecht einfallendes Licht innerhalb eines ersten Spektralbereichs und einen relativ geringen Reflexionsgrad für senkrecht einfallendes Licht innerhalb eines zweiten Spektralbereichs aufweisen. Der reflektierende Film ist auf der Vorderseite des Gegenstandes angeordnet, während die rückstrahlende Schicht auf der Rückseite angeordnet ist. Bei einigen Ausführungsformen haben wenigstens zwei der abwechselnden Schichten Brechungsindizes entlang einer senkrecht zu einer Ebene des Films verlaufenden Achse, die sich um höchstens 50% – und besonders bevorzugt um höchstens etwa 20% – der maximalen Ebenen-Brechungsindexdifferenz zwischen diesen Schichten voneinander unterscheiden. Ein solcher Aufbau hilft, die Form der spektralen Übergänge über einen breiten Bereich von Eintritts- oder Neigungswinkeln beizubehalten. Bei einigen Ausführungsformen definieren die Polymerschichten optische Wiederholungseinheiten, die dergestalt in einer Folge angeordnet sind, dass sie ein bestimmtes Dickenprofil aufweisen, das dafür vorgesehen ist, schärfere spektrale Übergänge zu erzeugen.

[0010] Der Reflexionsfilm kann je nach der Produktleistung, die dem Endartikel abverlangt wird, verschiedene spektrale Eigenschaften aufweisen. Bei einigen Anwendungen ist es wünschenswert, dass der erste und der zweite Spektralbereich diskontinuierlich und miteinander verwoben sind, um eine Reihe von Spektralbändern zu bilden, die einen Sicherheitscode analog einem Strichcode übermitteln. Bei anderen Ausführungsformen ist es erwünscht, dass der zweite Spektralbereich im Wesentlichen das sichtbare Spektrum abdeckt, so dass die Rückstrahlungsleistung im sichtbaren Bereich nicht beeinträchtigt ist. In diesen Fällen befindet sich der Spektralbereich im Infraroten oder Ultraviolett, um eine Rückstrahlung zugunsten einer Spiegelreflexion bei diesen Wellenlängen zu unterbinden. Bei weiteren Anwendungen kann es wünschenswert sein, den Reflexionsfilm als Polarisator anstatt als Spiegel zu konfigurieren.

[0011] Die rückstrahlende Schicht weist vorzugsweise Rückstrahlungsvermögen in allen Einfallsebenen auf, kann aber alternativ auch in wenigstens einer einzigen Einfallsebene, nicht aber in wenigstens einer anderen Einfallsebene Rückstrahlungsvermögen aufweisen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0012] [Fig. 1](#) ist eine auseinandergezogene Ansicht von Hauptbestandteilen eines rückstrahlenden dichroitischen Reflektors.

[0013] [Fig. 2](#) ist eine Seitenansicht eines rückstrahlenden dichroitischen Reflektors im Schnitt.

[0014] [Fig. 3A](#) ist eine perspektivische Vorderansicht eines rückstrahlenden dichroitischen Reflektors, der in einigen Einfallsebenen Rückstrahlungsvermögen aufweist, in anderen Einfallsebenen aber nicht, und [Fig. 3B](#) ist eine direkte Ansicht von vorn.

[0015] [Fig. 3C](#) und [Fig. 3D](#) sind perspektivische Rückansichten, die verschiedene strukturierte Oberflächen zeigen, die in der Lage sind, das in den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) dargestellte Verhalten aufzuzeigen.

[0016] [Fig. 4](#) ist eine geschnittene Seitenansicht eines rückstrahlenden dichroitischen Reflektors, der eine

rückstrahlende Perlenfolie als rückstrahlende Schicht enthält.

[0017] [Fig. 5](#) ist eine geschnittene Seitenansicht eines Abschnitts eines Gegenstandes, der Tripelspiegel-rückstrahlungsfolie enthält, deren Tripelspiegelelemente so angeordnet sind, dass die Folie ein glitzerndes Aussehen erhält.

[0018] [Fig. 6](#) ist ein idealisiertes Prozent-Durchlässigkeits-Spektrum eines polymeren Mehrschichtfilms, der in einigen Ausführungsformen Anwendung finden kann.

[0019] [Fig. 7](#) ist ein gemessenes Prozent-Durchlässigkeits-Spektrum eines beispielhaften polymeren Mehrschichtfilms, der in einigen Ausführungsformen Anwendung finden kann.

[0020] [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) zeigen gemessene Durchlässigkeitsspektren eines polymeren Mehrschichtfilms, der in Sicherheitsanwendungen eingesetzt werden kann.

[0021] [Fig. 9A–C](#) zeigen errechnete Durchlässigkeitsspektren von polymeren Mehrschichtfilmen, die in Sicherheitsanwendungen eingesetzt werden können.

[0022] [Fig. 10A–C](#) zeigen errechnete Durchlässigkeitsspektren von polymeren Mehrschichtfilmen mit Blendenverhältnissen von 0,18, 0,33 bzw. 0,5, und [Fig. 10D](#) zeigt einen Verbund aus den [Fig. 10A–C](#).

[0023] [Fig. 11A](#) zeigt eine vergrößerte und übertrieben dargestellte Schnittansicht durch einen vereinfachten Mehrschichtfilm, der für scharfe spektrale Übergänge ausgelegt ist.

[0024] [Fig. 11B](#) ist eine Kurvendarstellung der optischen Dicke der optischen Wiederholungseinheiten (OWEs), aus denen der Film von [Fig. 11A](#) besteht.

[0025] [Fig. 12A](#) ist eine Kurvendarstellung der physikalischen Dicke einzelner Schichten eines Banddurchlass-Mehrschichtfilms.

[0026] [Fig. 12B](#) ist ein errechnetes axiales Durchlässigkeitsspektrum des Films von [Fig. 12A](#).

[0027] [Fig. 13A](#) ist eine Kurvendarstellung der physikalischen Dicke einzelner Schichten eines Banddurchlass-Mehrschichtfilms mit schärferen spektralen Übergängen.

[0028] [Fig. 13B](#) ist ein errechnetes axiales Durchlässigkeitsspektrum des Films von [Fig. 13A](#).

[0029] [Fig. 14A](#) ist eine Kurvendarstellung der physikalischen Dicke einzelner Schichten eines Banddurchlass-Mehrschichtfilms mit noch schärferen spektralen Übergängen.

[0030] [Fig. 14B](#) und [Fig. 14C](#) zeigen errechnete axiale bzw. nicht-axiale Durchlässigkeitsspektren des Films von [Fig. 14A](#).

[0031] [Fig. 15A](#), [Fig. 16A](#), [Fig. 17A](#) und [Fig. 18A](#) sind Kurvendarstellungen der physikalischen Dicke einzelner Schichten weiterer Mehrschichtfilme, und [Fig. 15B](#), [Fig. 16B](#), [Fig. 17B](#) und [Fig. 18B](#) zeigen errechnete axiale Remissionsspektren der jeweiligen Filme.

[0032] [Fig. 19](#) zeigt gemessene Remissionsspektren des Gegenstands von Beispiel 1.

[0033] [Fig. 20](#) zeigt gemessene Durchlässigkeitsspektren des Gegenstands von Beispiel 2 und des dort verwendeten Mehrschichtfilms.

[0034] [Fig. 21A](#), B zeigen Durchlässigkeitsspektren bei einem Eintrittswinkel von 0 bzw. 40 Grad für den Gegenstand von Beispiel 3.

[0035] In den Zeichnungen wird der Einfachheit halber das gleiche Bezugssymbol verwendet, um Elemente zu bezeichnen, die die gleichen sind oder die die gleiche oder eine ähnliche Funktion erfüllen.

[0036] Die im vorliegenden Text beschriebenen kombinierten reflektierenden/rückstrahlenden Gegenstände sind gewöhnlich als Folien konfiguriert, die an einem bestimmten Objekt oder auf einem bestimmten Träger angebracht werden können und die verschiedene Kombinationen dichroitischer reflektierender Filme und rückstrahlenden Schichten beinhalten. Die Gegenstände sind im Allgemeinen optisch einseitig. Das heißt, eine Seite (als die Vorderseite bezeichnet) ist im Allgemeinen so beschaffen, sowohl einfallendes Licht von einer Quelle zu empfangen als auch reflektiertes oder zurückgestrahltes Licht in Richtung eines Detektors (wie beispielsweise das Auge eines Betrachters) auszusenden, während die andere Seite (als die Rückseite bezeichnet) im Allgemeinen dafür beschaffen ist, mittels beispielsweise einer Klebeschicht an einem Objekt angebracht zu werden. Die Vorderseite weist zur Lichtquelle und zum Detektor. Die Gegenstände lassen im Allgemeinen keine größeren Lichtmengen von der Vorderseite zur Rückseite passieren oder umgekehrt, was wenigstens teilweise daran liegt, dass sich auf dem Rückstrahler eine Substanz oder eine Schicht befindet, wie beispielsweise ein aufgedampfter Metallfilm, eine Versiegelungsfilm und/oder eine Klebeschicht. Die jeweils verwendete Art von dichroitischem Film und rückstrahlender Schicht machen den Gegenstand für manche Endverwendungszwecke geeigneter als für andere Endverwendungszwecke. Im Folgenden werden nur einige Endverwendungszwecke besprochen. Der folgende Text beginnt mit einer Besprechung der Gesamtkonfiguration von Gegenständen, gefolgt von einer tiefergehenden Besprechung bevorzugter mehrschichtiger Polymerfilme und von Beispielgegenständen und endet mit einem Glossar.

Veranschaulichende Konfigurationen

[0037] [Fig. 1](#) ist eine auseinandergezogene Ansicht eines Gegenstandes **10**, der einen mehrschichtigen Polymerfilm **12** enthält, der eine rückstrahlende Schicht **14** bedeckt. Der Film **12** enthält einen mehrschichtigen Polymerfilm mit einer prozentualen Remission und Durchlässigkeit, die für interessierende Wellenlängen im Wesentlichen komplementär sind (d. h. die Absorption ist vorzugsweise gering oder vernachlässigbar) und die Funktionen der Brechungsindizes und Dicken der einzelnen Polymerschichten sowie der Ausrichtung und Polarisation des einfallenden Lichts sind. Bevorzugte Schichten **12** werden im Folgenden näher besprochen und sind von herkömmlichen nicht-polymeren Interferenzfiltern zu unterscheiden, die anorganische abwechselnde dielektrische Schichten enthalten, die mittels Vakuumabscheidungstechniken auf einem Trägermaterial abgeschieden werden. Solche anorganischen Filter sind teuer und oft von begrenzter Oberfläche. Außerdem haften sie im Allgemeinen schlecht an polymeren Oberflächen. Des Weiteren sind solche anorganischen Filter im Allgemeinen nicht in der Lage, einen scharfen spektralen Übergang über einen breiten Bereich von Eintrittswinkeln hinweg beizubehalten, wie weiter unten noch erläutert wird.

[0038] Es ist zu beachten, dass der Mehrschichtfilm **12** eine Spektralverschiebung bei der prozentualen Remission und Durchlässigkeit in Abhängigkeit vom Eintrittswinkel des einfallenden Lichts aufweist und dass die prozentuale Remission und Durchlässigkeit Funktionen der Polarisation bei schräg einfallendem Licht sind. Mit "s"- und "p"-Polarisationszuständen wird Licht bezeichnet, das einen Vektor des elektrischen Feldes aufweist, der senkrecht zur Eintrittsebene liegt bzw. sich in der Eintrittsebene befindet. Unpolarisiertes Licht ist halb p-polarisiert und halb s-polarisiert. Bevorzugte Mehrschichtfilme behalten scharfe spektrale Übergangsmerkmale für p-polarisiertes Licht über den breiten Bereich von Eintrittswinkeln bei, was durch die rückstrahlende Folie unterstützt wird.

[0039] Die rückstrahlende Schicht **14** kann herkömmliche Tripelspiegel- oder Perlenrückstrahlungsfolie enthalten, bei der die Erkennung von zurückgestrahltem Licht am besten bei kleinen Betrachtungswinkeln funktioniert, d. h. wenn der Detektor sich nahe der Lichtquelle befindet. Solche Folien unterstützen die Rückstrahlung über einen breiten Bereich von Eintrittswinkeln und Ausrichtungswinkeln hinweg, so dass die Winkelausrichtung des Gegenstandes **10** relativ zu einer aussendenden Lichtquelle nicht von entscheidender Bedeutung ist.

[0040] [Fig. 2](#) zeigt eine vollständigere Schnittansicht des Gegenstandes **10** als [Fig. 1](#). Die Reflexionsschicht **12** hat eine vordere und eine hintere Überzugsschicht **12a** bzw. **12b**, die dazu dienen, den mittigen Mehrschichtfilm **12c** ein wenig zu schützen, und die den Film **12c** mechanisch stabilisieren. Auf der Rückseite der rückstrahlenden Schicht **14** ist ein herkömmlicher Versiegelungsfilm **16** angeordnet, um die Rückstrahlungselemente vor Beeinträchtigung durch Feuchtigkeit, Schmutz, Öle und dergleichen zu schützen, und auf der Rückseite des Versiegelungsfilms **16** ist eine herkömmliche Klebeschicht **18** aufgebracht, damit der Gegenstand **10** an einem gewünschten Objekt angebracht werden kann. Eine (nicht gezeigte) Trennschicht kann ebenfalls integriert werden, um die Klebeschicht zu schützen, bis der Gegenstand bereit ist, an einem Trägerobjekt angebracht zu werden. Der Versiegelungsfilm **16** kann auf die Schicht **14** in einem herkömmlichen Po-

lygonmuster mittels einer Warmpresstechnik aufgesiegelt werden, wodurch Tripelspiegelelemente entlang des Randes der Polygone zerstört werden. Die Flächen der strukturierten Rückseite der Schicht **14** können mit Luft in Berührung kommen und nach den Prinzipien der inneren Totalreflexion (ITR) funktionieren, oder es kann gewünschtenfalls ein spiegelreflektierendes Material wie beispielsweise Aluminium auf diese Flächen aufgedampft werden.

[0041] In [Fig. 2](#) sind kartesische Koordinaten X, Z gezeigt. Eine (nicht gezeigte) Y-Achse, die senkrecht zur X- und zur Z-Achse verläuft, zeigt in die Seite hinein. Die X-Y-Ebene definiert die Ebene des Gegenstandes **10**, und die Z-Achse verläuft senkrecht zum Gegenstand. Wie gezeigt, trifft Breitbandlicht **20** entlang einer Beleuchtungsachse **22** in einem kleinen Eintrittswinkel, der aber größer als null ist, relativ zur Z-Achse auf. Der Eintrittswinkel ist so klein, dass sich das Verhalten von s- und von p-polarisiertem Licht nicht wesentlich voneinander unterscheidet. Der Mehrschichtfilm **12c** reflektiert den Anteil des Lichts **20** in einem ersten Spektralbereich in spiegelreflektierte Lichtkomponenten **24**. Spiegelreflektiertes Licht **24** wird entlang einer Reflexionsachse gerichtet, die den gleichen Winkel zur Z-Achse hat wie die Achse **22**. Der Anteil des Lichts **20** in einem zweiten Spektralbereich wird durch den Film **12c** durchgelassen und dann durch die Schicht **14** zurückgestrahlt, wie durch die zurückgestrahlte Lichtkomponente **26** angedeutet. Der Gegenstand **10** weist somit sowohl rückstrahlende als auch spiegelreflektierende Qualitäten auf. Wenn der Gegenstand **10** auf Kleidung aufgebracht wird, so kann er eine glänzende, spiegelartige Oberfläche bei Tageslicht haben, während er bei Nacht für Fahrzeuglenker eine rückstrahlende Erscheinung abgibt. Es kann eine Deckschicht **28** hinzugefügt werden, um die Langlebigkeit des Produkts zu erhöhen. Die Schicht **28** kann auch einen Farbstoff enthalten, um dem Gegenstand ein farbiges Aussehen zu verleihen.

[0042] Wenden wir uns nun den [Fig. 3A](#) und [Fig. 3B](#) zu, wo ein Gegenstand **30**, der dem Gegenstand **10** ähnelt, der aber wegen der Verwendung einer anderen Rückstrahlungsschicht andersartige Eigenschaften aufweist, schematisch im Kontext eines kartesischen XYZ-Koordinatensystems gezeigt ist, bei dem die X- und die Y-Achse in der Ebene des Gegenstandes liegen und die Z-Achse senkrecht zum Gegenstand verläuft. Die X- und die Y-Achse sind so aufeinander ausgerichtet, dass die X-Z-Ebene und die Y-Z-Ebene Symmetrieachsen für die hintere strukturierte Oberfläche der Rückstrahlungsschicht sind. Die andersgeartete Rückstrahlungsschicht macht das Betrachten von zurückgestrahltem Licht komplizierter, weil der Betrachtungswinkel, bei dem solches Licht sichtbar ist, sich in Abhängigkeit sowohl vom Eintrittswinkel als auch vom Ausrichtungswinkel des einfallenden Lichts ändert.

[0043] Einfallendes Licht **31** wird entlang einer Beleuchtungsachse **32** gerichtet, die einen Eintrittswinkel (den Winkel zwischen der Achse **32** und der Z-Achse) und einen Ausrichtungswinkel (den Winkel zwischen der Y-Achse und der Projektion der Achse **32** in der X-Y-Ebene) definiert. Eine Ebene **34**, die nicht mit der (nicht gezeigten) Eintrittshalbebene verwechselt werden darf, enthält die Achse **32** und die Y-Achse. Der Mehrschichtfilm **12** reflektiert einen ersten Spektralbereich des einfallenden Lichts **31** in eine spiegelreflektierte Lichtkomponente **36**. Die Richtungen des einfallenden Lichts **31** und des spiegelreflektierten Lichts **36** haben gleiche Winkel zur Oberflächennormalen, d. h. zur Z-Achse. Bestimmte spektrale Komponenten des einfallenden Lichts **31** werden durch den Mehrschichtfilm **12** durchgelassen und durch eine rückseitige rückstrahlende Schicht (**38** in [Fig. 3C](#); **40** in [Fig. 3D](#)) reflektiert und zurück zum Mehrschichtfilm **12** als ein zweiter reflektierter Lichtstrahl **42** durchgelassen. Im Gegensatz zur Ausführungsform von [Fig. 2](#), wo vollständig zurückstrahlende Tripelspiegelelemente verwendet werden, wird das reflektierte Licht **42** in den [Fig. 3A](#)–[B](#) nicht unbedingt in einer Richtung zurückgestrahlt, die antiparallel zum einfallenden Licht **31** verläuft. Statt dessen kann reflektiertes Licht **42** – in Abhängigkeit von der Ausrichtung (Eintrittswinkel und Ausrichtungswinkel) der Richtung des einfallenden Lichts relativ zum Gegenstand **30** – gegenüber der Richtung des einfallenden Lichts winkelveschoben sein. Diese Eigenschaft kann zu einem Blicklichteffekt führen, wenn es eine Relativbewegung zwischen der Lichtquelle, dem Gegenstand und dem Betrachter gibt. Wenden wir uns [Fig. 3A](#) zu, wo die Richtung des reflektierten Lichts **42** und des einfallenden Lichts **31** gleiche Winkel relativ zu einem Liniensegment **44** bildet. Das Liniensegment **44** wird durch die Überschneidung einer Rückstrahlungsebene, die zu der Rückstrahlungsschicht gehört (in diesem Fall eine Ebene parallel zur X-Z-Ebene), mit der Ebene **34** definiert.

[0044] Die Rückstrahlungsschicht **38** hat nur eine zugehörige Rückstrahlungsebene – die X-Z-Ebene –, während die Schicht **40** zwei Rückstrahlungsebenen hat – die X-Z-Ebene und die Y-Z-Ebene. In diesem Kontext gehört zur "X-Z"-Ebene und zur "Y-Z"-Ebene die Familie sämtlicher dazu parallel verlaufender Ebenen, die den Gegenstand schneiden. Die Schicht **38** hat eine strukturierte Oberfläche, die eine lineare Anordnung von im Wesentlichen rechtwinkligen gleichschenkligen Miniaturprismen aufweist, die nebeneinander angeordnet sind und sich parallel zur Y-Achse erstrecken, im Wesentlichen so, wie es im US-Patent Nr. 4,906,070 (Cobb, Jr.) beschrieben ist. Licht, das schräg auf die glatte Vorderseite des Films, die der strukturierten Oberfläche gegenüberliegt, auftrifft, wird von dem Film zurückgestrahlt, wenn die Einfallrichtung in einer Ebene (der X-Z-Ebene)

liegt, die senkrecht zur Länge der Prismen verläuft. Die Schicht **40** hat eine strukturierte Oberfläche, die eine Anordnung aus pyramidenartigen Strukturen **41** aufweist, die sich aus der Schicht **40** heraus erstrecken, wobei jede Struktur **41** eine erste Gruppe zueinander senkrechter, reflektierender Facetten **41a**, **41b** aufweist, welche die X-Z-Rückstrahlungsebene definieren, und eine zweite Gruppe zueinander senkrechter, reflektierender Facetten **41c**, **41d** aufweist, welche die Y-Z-Rückstrahlungsebene definieren, im Wesentlichen so, wie es im US-Patent mit der Seriennummer 08/883,870 mit dem Titel "Dual Axis Retroreflective Article" beschrieben ist. Es ist zu beachten, dass die Schicht **40** im Allgemeinen eine zweite strukturierte reflektierte Lichtkomponente **42a** (siehe [Fig. 3B](#)) erzeugen kann, was auf eine Reflexion von den Facetten **41c**, **41d** zusätzlich zur reflektierten Lichtkomponente **42**, die durch die Reflexion von den Facetten **41a**, **41b** entsteht, zurückzuführen ist. Die strukturierte Oberfläche der Schicht **40** kann auch standardmäßige Tripelspiegelelemente enthalten, dergestalt, dass der Gegenstand sowohl eine Doppelachsenrückstrahlung als auch eine komplette (Dreiaachsen-) Rückstrahlung aufweist.

[0045] Die Tripelspiegelelemente, Prismen und Pyramiden auf der strukturierten Oberfläche der Rückstrahlungsschichten **14**, **38** bzw. **40** sind vorzugsweise Miniaturstrukturen, die mittels bekannter Mikroreplikationstechniken hergestellt werden. Die oben beschriebenen reflektierenden/rückstrahlenden Gegenstände sind vorzugsweise dünn und flexibel, damit sie an unterschiedlichsten Objekt- oder Oberflächenformen angebracht werden können, obgleich für einige Anwendungen auch starre oder anderweitig dicke Konstruktionen erwünscht sein können. Die einzelnen Strukturen in der strukturierten Oberfläche haben vorzugsweise eine vertikale und eine seitliche Abmessung von maximal etwa 1 mm und besonders bevorzugt im Bereich von etwa 0,075 bis 0,2 mm, obgleich sich die linearen Prismen über die gesamte Länge des Gegenstandes erstrecken können, die in der Größenordnung von Millimetern, Zentimetern oder Metern liegen kann. Die rückstrahlenden Schichten können aus einem beliebigen geeigneten transparenten Material hergestellt werden, vorzugsweise Polymeren und vorzugsweise Materialien, die abmessungsstabil, langlebig und witterungsbeständig sind und sich in der gewünschten Konfiguration problemlos replizieren lassen. Als Beispiele seien Acrylwerkstoffe, Polycarbonate, Ionomere auf Polyethylenbasis und Zelluloseacetatbutyrate genannt. Farbstoffe, Färbemittel und Pigmente können ebenfalls in solche Schichten eingearbeitet werden.

[0046] Der reflektierende/rückstrahlende Gegenstand **46** von [Fig. 4](#) verwendet eine Perlenrückstrahlungsfolienschiicht **48** ähnlich der, die im US-Patent Nr. 4,708,920 (Orensteen und Mitarbeiter) beschrieben ist, zusammen mit einem Mehrschichtfilm **50**. Der Film **50** hat die gleichen Reflexions- und Durchlässigkeitseigenschaften wie der oben besprochene Mehrschichtfilm **12**. Der Film **50** weist eine schützende Überzugsschicht **50a** auf seiner Vorderseite auf. Eine Schutzschicht **28** ist ebenfalls vorhanden. Die Rückstrahlungsschicht **48** hat eine Vielzahl von transparenten Mikrokugeln **54**, die zwischen einer transparenten Überzugsschicht **54** und einer transparenten Abstandsschicht **56**. Licht, das aus einer bestimmten Richtung auf die Überzugsschicht auftrifft, wird durch die Mikrokugeln auf kleine Flächen einer reflektierenden Maskierungsschicht **58** fokussiert, bei der es sich in der Regel um eine spiegelreflektierende metallische Beschichtung wie beispielsweise Aluminium handelt, und wird durch die Mikrokugeln hindurch zurück in die Gegenrichtung reflektiert. Eine Klebeschicht **60** stößt gegen die Maskierungsschicht **58**.

[0047] [Fig. 5](#) zeigt eine Ausführungsform **62**, wo ein Mehrschichtfilm **64** mit Reflexions- und Durchlässigkeitseigenschaften ähnlich den zuvor beschriebenen Filmen **12** und **50**, auf eine rückstrahlende Schicht **66** laminiert ist. Die Schicht **66** ist detailliert in der PCT-Schrift WO 97/41465 mit dem Titel "Glittering Cube-Corner Retroreflective Sheeting" beschrieben. Im Grunde weist die rückstrahlende Schicht **66** Zonen auf, wo Tripelspiegelelemente **68** nach dem Zufallsprinzip über die Tripelspiegelanordnung hinweg geneigt sind. Die zufällige Neigung der Tripelspiegelelemente verleiht der Schicht **66** ein glitzerndes Aussehen. Man sieht, wie die Schicht **66** eine Tripelspiegelschicht, die Tripelspiegel **68** und eine optionale Anschlussschicht **70** enthält, und eine Körperschicht **72** aufweist, die eine im Wesentlichen flache Vorderseite **72a** sowie eine Rückseite, die nicht gleichmäßig von der Vorderseite beabstandet ist, aufweist.

Aufbau der polymeren Mehrschichtfilms

[0048] [Fig. 6](#) zeigt ein mögliches idealisiertes Prozent-Durchlässigkeits-Spektrum für die Mehrschichtfilme **12**, **50** und **64**. Eine durchgezogene dargestellte Linie **74** stellt das Verhalten von Licht dar, das senkrecht auf den Film auftrifft (und falls es sich bei dem Film um einen dichroitischen Polarisator handelt, wird das Licht polarisiert und genau auf die Filmachse ausgerichtet), und die Strichlinienkurve **76** stellt das Verhalten für lediglich p-polarisiertes Licht dar, das in einem Eintrittswinkel von ungleich null, wie beispielsweise 30 bis 40 Grad, auftrifft. Das Durchlässigkeitspektrum für s-polarisiertes Licht bei dem Eintrittswinkel von ungleich null ist nicht gezeigt, um Verwechslungen zu vermeiden. Der Eintrittswinkel bezieht sich auf ein Luftmedium. Über den interessierenden Wellenlängenbereich hinweg ist die Absorption der einzelnen Schichten des Films so gering,

dass von einem praktischen Standpunkt aus betrachtet der Reflexionsgrad bei $\approx 100\%$ -Durchlässigkeit über diesen Wellenlängenbereich hinweg liegt.

[0049] Der Mehrschichtfilm ist so konfiguriert, dass er wenigstens ein schmales Durchlässigkeitsband **74a**, **74b**, **74c** aufweist. Die Bänder **74a**, **74b**, **74c** sind Regionen von relativ kleinem Reflexionsgrad, und die Wellenlängen zwischen den Bändern sind Regionen von relativ hohem Reflexionsgrad. Obgleich die Bänder **74a**, **74b**, **74c** mit Durchlässigkeitsmaxima von größer als 50 gezeigt sind, können je nach Anwendungszweck auch Filme mit kleineren Maxima verwendbar sein und weisen weniger "Farbe" im Reflexionsspektrum auf, was vorteilhaft ist, wenn ein hochglänzendes, spiegelartiges Erscheinungsbild gewünscht wird. "Teilbandbreite" ist ein Begriff, mit dem die Breite eines Reflexions- oder Durchlässigkeitsbandes beschrieben wird, und sie wird als die volle spektrale Breite (in Längeneinheiten wie beispielsweise nm) bei der Hälfte der maximalen Durchlässigkeit des Bandes, geteilt durch die Schwerpunktwellenlänge des Bandes (welche die volle spektrale Breite gabelt), gemessen. Bei einigen Anwendungen sind Teilbandbreiten in der Größenordnung von 10 bis 15% oder weniger wünschenswert. Polymerfilmkonstruktionen mit Dickengradienten, die schärfere Anfangs- und Endübergänge erzeugen, um schmalere spektrale Merkmale zu ermöglichen, als sie in früheren Polymerfilmen zu erreichen waren, sind unten beschrieben.

[0050] Der Film, der zu den Spektren von [Fig. 6](#) gehört, hat bei senkrechtem Lichteinfall zwei Durchlässigkeitsbänder im sichtbaren Bereich und ein Durchlässigkeitsband im infrarotnahen Bereich. Alternative Filme, die in einem kombinierten reflektierenden/rückstrahlenden Gegenstand verwendbar sind, wie im vorliegenden Text offenbart wird, kann eine andere Anzahl und Anordnung von Durchlässigkeitsbändern haben. Ein Film mit einem Durchlässigkeitsband im sichtbaren Bereich für wenigstens einige Eintrittswinkel ermöglicht ein visuelles Erkennen des zurückgestrahlten Strahls durch das bloße menschliche Auge. Ein Film mit einem einzelnen Band bei etwas mehr als 400 nm erzeugt bei senkrechtem Einfall einen kräftig-blauen zurückgestrahlten Strahl für einen direkt von vorn blickenden Betrachter, und wenn der Gegenstand geneigt wird und das Band sich in Richtung Blau in den ultravioletten Bereich hinein verschiebt, so erscheint der Gegenstand wie ein gewöhnlicher Spiegel, weil das Auge das zurückgestrahlte ultraviolette Licht nicht wahrnehmen kann. Ein Film mit einem einzelnen Band in Richtung des roten Endes des sichtbaren Spektrums erzeugt bei senkrechtem Einfall einen kräftig-roten zurückgestrahlten Strahl für einen direkt von vorn blickenden Betrachter, und wenn der Gegenstand geneigt wird, so verschiebt sich der zurückgestrahlte Strahl zum gelben und grünen Teil des Spektrums. Ein Film mit einem einzelnen Band bei etwas mehr als 700 nm (bis etwa 800 nm) erscheint bei senkrechtem Einfall für einen direkt von vorn blickenden Betrachter wie ein gewöhnlicher Spiegel, aber er strahlt bei größeren Einfallswinkeln Licht in kräftigen Rottönen zurück. Und schließlich erscheint ein Film mit einem einzelnen Band, das sich in ganzes Stück im infrarotnahen Bereich befindet (oder sich sogar ein wenig im ultravioletten Bereich befindet), bei einem Eintrittswinkel von null wie ein gewöhnlicher Spiegel aus allen Betrachtungswinkeln. Ein Detektor, der infrarotes bzw. ultraviolettes Licht erfassen kann, kann selbstverständlich verwendet werden, um zurückgestrahltes Licht zu erfassen, das außerhalb des sichtbaren Spektrums liegt.

[0051] Bei einigen Anwendungen ist es wünschenswert, dass der Mehrschichtfilm ein Durchlässigkeitsband aufweist, bei dem für den Anteil des einfallenden Lichts, der p-polarisiert ist, weder die Teilbandbreite wesentlich größer wird noch die Amplitude kleiner wird, wenn sich der Eintrittswinkel auf Gradwerte über null erhöht. In [Fig. 6](#) ist zu erkennen, dass die p-polarisierten Durchlässigkeitsbänder **76a**, **76b**, **76c** im Vergleich zu den entsprechenden Bändern **74a**, **74b** bzw. **74c** von Kurve **74** für senkrecht einfallendes Licht ins Blaue verschoben sind, und auffallend ist, dass die Amplitudenmaxima und Teilbandbreiten im Wesentlichen unverändert sind. Diese Beibehaltung des Amplitudenmaximums und der Teilbandbreite liegt an der Beibehaltung der Form der beiden Übergänge auf jeder Seite des Bandmaximums, aus dem das Band besteht, wozu es wiederum kommt, wenn der Mehrschichtfilm aus einzelnen Schichten besteht, deren Außerebenen-Brechungsindizes (beispielsweise Z-Achsen-Brechungsindizes) im Wesentlichen übereinstimmen. Diese Konstruktion kann realisiert werden, wo wenigstens einige der Schichten aus einem Polymer bestehen, dessen Ebenen-Brechungsindizes Funktionen bekannter, sich an die Extrusion anschließender Streckverfahren sind. Frühere Mehrschichtfilme wie beispielsweise jene, die durch Vakuumabscheidung isotroper anorganischer Schichten hergestellt wurden, haben die gleiche Index-Nichtübereinstimmung in Außerebenen-Richtung wie die Ebenen-Richtungen, und infolge dessen weisen sie eine nachteilige Verringerung des Amplitudenmaximums und eine Vergrößerung der Teilbandbreite für ein bestimmtes p-Polarisations-Durchlässigkeitsband bei größer werdendem Eintrittswinkel auf. Des Weiteren verschlechtern (vergrößern) sich die Basis- oder "bandexternen" p-Polarisations-Durchlässigkeitswerte für solche nicht-idealen Filme erheblich bei größer werdendem Eintrittswinkel und übersteigen in der Regel Verlustwerte von 30% bei p-polarisiertem Licht.

[0052] Die Remissions- und Durchlässigkeitspektren eines bestimmten Mehrschichtfilms hängen in erster Linie von der optischen Dicke der einzelnen Schichten entlang der verschiedenen Achsen ab und werden im

Wesentlichen durch die allgemein bekannten Fresnel-Koeffizienten bestimmt. Filme können so gestaltet werden, dass sie infrarotes, sichtbares oder ultraviolettes Licht reflektieren, indem man die richtige optische Dicke der Schichten entsprechend der folgenden Formel wählt:

$$\lambda_M = (2/M) \cdot D_t \quad (I)$$

wobei M eine ganze Zahl ist, welche die jeweilige Größenordnung des reflektierten Lichts darstellt, und D_t die optische Dicke einer optischen Wiederholungseinheit ("OWE"). Dementsprechend ist D_t die Summe der optischen Dicken der einzelnen Schichten, aus denen die OWE besteht. Durch Anordnen der OWEs entlang der Dicke des Mehrschichtfilms in einer Reihe, dergestalt, dass die optischen Dicken der OWEs einem bestimmten Profil entsprechen, kann ein Mehrschichtfilm gestaltet werden, der Licht über ein breites Reflexionsband hinweg reflektiert.

[0053] Ein reflektierender Mehrschichtfilm mit den Eigenschaften, wie sie im vorliegenden Text beschrieben sind, kann unter Verwendung einer Mehrschicht-Koextrusionsvorrichtung hergestellt werden, wie sie in den US-Patenten Nr. 3,773,882 (Schrenk) und 3,884,606 (Schrenk) beschrieben sind. Eine solche Vorrichtung stellt ein Verfahren zur Herstellung mehrschichtiger, gleichzeitig extrudierter Thermoplastmaterialien bereit, wobei jede dieser Schichten eine im Wesentlichen gleichmäßige Schichtdicke aufweist. Der Verteilerblock der Koextrusionsvorrichtung empfängt Zuflüsse der verschiedenen thermoplastischen Polymermaterialien von einer Quelle wie beispielsweise einem wärmeplastifizierenden Extruder. Die Zuflüsse von Harzmaterialien werden einer mechanischen Handhabungssektion innerhalb des Verteilerblocks zugeleitet. Diese Sektion ordnet die ursprünglichen Zuflüsse zu einem mehrschichtigen Fluss um, der die Anzahl an Schichten aufweist, die in dem Endkörper vorhanden sein sollen. Optional kann dieser mehrschichtige Fluss anschließend durch eine Reihe von Schichtvervielfachungseinrichtungen geleitet werden, wie sie beispielsweise in den US-Patenten Nr. 3,759,647 (Schrenk und Mitarbeiter), 5,094,788 (Schrenk und Mitarbeiter) oder 5,094,793 (Schrenk und Mitarbeiter) beschrieben sind, um die Anzahl an Schichten in dem endgültigen Film weiter zu erhöhen. Der mehrschichtige Fluss wird dann in ein Extrusionswerkzeug geleitet, das so gebaut und angeordnet ist (siehe beispielsweise US-Patent Nr. 3,557,265 (Chrisholm und Mitarbeiter)), dass darin ein stromlinienförmiger Fluss aufrecht gehalten wird. Das resultierende Produkt wird zu einem mehrschichtigen Film extrudiert, wobei jede Schicht allgemein parallel zur Hauptoberfläche benachbarter Schichten verläuft. Die Konfiguration des Extrusionswerkzeug kann variieren und kann so sein, dass die Dicke und die Abmessungen jeder der Schichten verringert werden. Die Anzahl an Schichten in dem Reflexionsfilmkörper kann so gewählt werden, dass die gewünschten optischen Eigenschaften erreicht werden, wobei aus Gründen der Filmdicke, der Flexibilität und der Wirtschaftlichkeit die kleinstmögliche Anzahl von Schichten verwendet wird. Im Fall von Spiegeln und reflektierenden Polarisatoren ist die Anzahl der Schichten vorzugsweise kleiner als etwa 10.000, besonders bevorzugt kleiner als etwa 5.000, und ganz besonders bevorzugt kleiner als etwa 2.000.

[0054] Die gewünschte Beziehung zwischen Brechungsindizes von Polymerschichten kann durch die Auswahl entsprechender Materialien und entsprechende Verarbeitungsbedingungen hergestellt werden. Im Fall organischer Polymere, die durch Strecken orientiert werden können, werden die Mehrschichtfilme im Allgemeinen durch Koextrudieren der einzelnen Polymere zu einem Mehrschichtfilm (wie oben beschrieben) mit anschließendem "Orientieren" des Reflexionsfilmkörpers durch Strecken bei einer gewünschten Temperatur – optional gefolgt von einer Heißfixierung bei einer ausgewählten Temperatur – hergestellt. Alternativ können der Extrusions- und der Orientierungsschritt gleichzeitig ausgeführt werden. Durch die Orientierung wird der gewünschte Grad an Doppelbrechung (positiv oder negativ) in jenen Polymerschichten eingestellt, die ein Polymer enthalten, das Doppelbrechung aufweisen kann. Im Fall von Spiegeln kann der Film im Wesentlichen in zwei Richtungen gestreckt werden (biaxiale Orientierung), um einen Spiegelfilm herzustellen, wo jede einzelne Schicht im Wesentlichen die gleichen Ebenen-Brechungsindizes aufweist und wenigstens einige dieser Schichten einen Außerebenen-Brechungsindex aufweisen, der sich von den Ebenen-Brechungsindizes unterscheidet (und die daher doppelbrechend sind). Im Fall von Polarisatoren kann der Film überwiegend entlang einer Hauptstreckungsachse gestreckt werden, um einen Polarisatorfilm herzustellen, wo wenigstens einige Schichten verschiedene Ebenen-Brechungsindizes aufweisen und einige Schichten einen Außerebenen-Index aufweisen, der sich von wenigstens einem Ebenen-Index unterscheidet. Den Filmkörper kann man dimensional in der Richtung quer zur Streckung von der natürlichen Verringerung quer zur Streckung (gleich der Quadratwurzel des Streckungsverhältnisses) bis zu einer zwangsgehaltenen Position (d. h. ohne wesentliche Veränderung der Abmessungen quer zur Streckung) entspannen lassen. Der Filmkörper kann in der Maschinenrichtung beispielsweise mittels einer Längsstreckvorrichtung und/oder in der Breite mittels einer Breitenstreckvorrichtung gestreckt werden. Die Vorstrecktemperatur, die Streckungsrate, das Streckungsverhältnis, die Heißfixierungstemperatur, die Heißfixierungsdauer, die Heißfixierungsentspannung und die Querstreckungsentspannung werden so gewählt, dass ein Mehrschichtfilm mit der gewünschten Brechungsindexbeziehung

entsteht. Diese Variablen hängen voneinander ab. So könnte beispielsweise eine relativ geringe Streckungsrate verwendet werden, wenn sie beispielsweise mit einer relativ niedrigen Streckungstemperatur gekoppelt wird. Dem Durchschnittsfachmann ist klar, wie die richtige Kombination dieser Variablen auszuwählen ist, um das gewünschte mehrschichtige Produkt zu erhalten. Im Allgemeinen ist jedoch ein Streckungsverhältnis im Bereich von etwa 1:2 bis etwa 1:10 (besonders bevorzugt etwa 1:3 bis etwa 1:7) in Streckungsrichtung und von etwa 1:0,2 bis etwa 1:10 (besonders bevorzugt von etwa 1:0,2 bis etwa 1:7) orthogonal zur Streckungsrichtung bevorzugt.

[0055] Die Orientierung des extrudierten Films kann mittels Strecken einzelner Lagen des Materials in erwärmter Luft erfolgen. Im Interesse einer wirtschaftlichen Produktion kann das Strecken kontinuierlich in einer standardmäßigen Längsstreckvorrichtung, einem Spannrahmenofen oder in beidem vorgenommen werden. Es können Massenproduktionsvorteile und Produktionsstreckengeschwindigkeiten einer standardmäßigen Polymerfilmherstellung realisiert werden, wodurch Fertigungskosten erreicht werden, die deutlich niedriger sind als die Kosten, die mit handelsüblichen absorptiven Polarisatoren verbunden sind. Eine Laminierung von zwei oder mehr mehrschichtigen Filmen kann ebenfalls praktiziert werden, um einen Spiegelfilm zu erhalten. Amorphe Copolyester eignen sich als Laminiermaterialien, wobei VITEL Brand 3000 und 3300 von der Goodyear Tire and Rubber Co. aus Akron, Ohio, als Materialien genannt sein sollen, die ausprobiert wurden. Die Auswahl an Laminierungsmaterialien ist groß, wobei die Adhäsion an den Mehrschichtfilmen, optische Klarheit und keine Lufteinschlüsse die maßgeblichen Qualitätsgrundsätze sind. Es kann wünschenswert sein, einer oder mehreren der Schichten einen oder mehrere anorganische oder organische Zusatzstoffe, wie beispielsweise ein Antioxidationsmittel, einen Extrusionshilfsstoff, einen Wärmestabilisator, einen UV-Strahlungsabsorptionsstoff, einen Keimbildner, einen Oberflächenerhöhungsbildner und dergleichen, in normalen Mengen beizugeben, solange die Beigabe nicht wesentlich die gewünschte Produktleistung beeinträchtigt.

[0056] Eine Klasse von Polymermaterialien, die in den Mehrschichtfilm integriert werden, erzeugt vorzugsweise doppelbrechende Polymerschichten. Diese Materialien sind dadurch gekennzeichnet, dass ein Strecken in einer bestimmten Richtung einen oder mehrere ihrer Brechungsindizes wesentlich ändert, und eine besonders bevorzugte Schicht ist eine, die ein kristallines oder halbkristallines Polyethylenaphthalat (PEN), einschließlich der Isomere (beispielsweise 2,6-; 1,4-; 1,5-; 2,7- und 2,3-PEN), enthält. Eine weitere Klasse von Polymermaterialien, die in den Mehrschichtfilm integriert sind, erzeugt vorzugsweise im Wesentlichen isotrope Polymerschichten. Diese Materialien sind dadurch gekennzeichnet, dass ein Strecken in einer bestimmten Richtung allenfalls eine geringe Auswirkung auf ihre Brechungsindizes hat, und eine besonders bevorzugte Schicht ist eine, die eine Schicht enthält, die ein Polymethylmethacrylat und insbesondere Polymethylmethacrylat selbst enthält.

Materialauswahl für Mehrschichtfilme

[0057] Es sind eine Vielzahl von Polymermaterialien, die sich zur Verwendung in den hier dargestellten Ausführungsformen eignen, zur Verwendung bei der Herstellung koextrudierter optischer Mehrschichtfilme gelehrt worden, beispielsweise in den US-Patenten Nr. 4,937,134, Nr. 5,103,337, Nr. 5,122,448,404, Nr. 5,540,978 und Nr. 5,568,316 an Schrenk und Mitarbeiter und in Nr. 5,122,905, 5,122,906 und 5,126,880 an Wheatley und Schrenk. Von besonderem Interesse sind doppelbrechende Polymere wie beispielsweise jene, die in Nr. 5,486,949 und Nr. 5,612,820 an Schrenk und Mitarbeiter und in WO 96/19347 mit dem Titel "Optical Film" beschrieben sind. Hinsichtlich der bevorzugten Materialien, aus denen die Filme hergestellt werden sollen, gibt es verschiedene Bedingungen, die erfüllt sein müssen, um die bevorzugten optischen Mehrschichtfilme herzustellen. Erstens müssen diese Filme aus wenigstens zwei voneinander unterscheidbaren Polymeren bestehen. Ihre Anzahl ist nicht begrenzt, und in bestimmten Filmen können drei oder mehr Polymere vorteilhaft verwendet werden. Zweitens muss wenigstens eines der zwei Polymere, das wir das "erste Polymer" nennen wollen, einen spannungsoptischen Koeffizienten haben, der einen großen absoluten Wert aufweist. Oder anders ausgedrückt: Es muss in der Lage sein, bei Streckung eine hohe Doppelbrechung zu entwickeln. Je nach Anwendungszweck kann die Doppelbrechung zwischen zwei orthogonalen Richtungen in der Ebene des Films, zwischen einer oder mehreren Ebenen-Richtungen und der Richtung, die senkrecht zur Filmebene verläuft, oder einer Kombination aus diesen entwickelt werden. Drittens muss das erste Polymer in der Lage sein, die Doppelbrechung nach dem Strecken beizubehalten, so dass der fertige Film die gewünschten optischen Eigenschaften erhält. Viertens muss das andere benötigte Polymer, das wir das "zweite Polymer" nennen wollen, so gewählt werden, dass sich beim fertigen Film sein Brechungsindex in wenigstens einer Richtung wesentlich vom Brechungsindex des ersten Polymers in derselben Richtung unterscheidet. Weil Polymermaterialien in der Regel dispersiv sind – das heißt, die Brechungsindizes ändern sich mit der Wellenlänge –, müssen diese Bedingungen hinsichtlich einer bestimmten interessierenden spektralen Bandbreite berücksichtigt werden.

[0058] Weitere Aspekte der Polymerauswahl hängen von bestimmten Anwendungen ab. Bei polarisierenden Filmen ist es vorteilhaft, wenn der Unterschied beim Brechungsindex des ersten und des zweiten Polymers in einer bestimmten Filmebenenrichtung in dem fertigen Film sehr groß ist, während der Unterschied beim Index in der orthogonalen Filmebene möglichst klein gehalten wird. Wenn das erste Polymer einen großen Brechungsindex hat, falls es isotrop ist, und positiv doppelbrechend ist (das heißt, sein Brechungsindex vergrößert sich in der Streckungsrichtung), so wird das zweite Polymer so gewählt, dass es nach der Verarbeitung einen abgestimmten Brechungsindex in der Ebenen-Richtung orthogonal zur Streckungsrichtung und einen Brechungsindex in der Streckungsrichtung, der so klein wie möglich ist, aufweist. Wenn umgekehrt das erste Polymer einen kleinen Brechungsindex aufweist, wenn es isotrop ist, und negativ doppelbrechend ist, so wird das zweite Polymer so gewählt, dass es nach der Verarbeitung einen abgestimmten Brechungsindex in der Ebenen-Richtung orthogonal zur Streckungsrichtung und einen Brechungsindex in der Streckungsrichtung, der so hoch wie möglich ist, aufweist.

[0059] Alternativ ist es möglich, ein erstes Polymer zu wählen, das positiv doppelbrechend ist und einen Zwischen- oder kleinen Brechungsindex aufweist, wenn es isotrop ist, oder eines, das negativ doppelbrechend ist und einen Zwischen- oder großen Brechungsindex aufweist, wenn es isotrop ist. In diesen Fällen kann das zweite Polymer so gewählt werden, dass nach der Verarbeitung sein Brechungsindex auf den des ersten Polymers entweder in der Streckungsrichtung oder in der Ebenen-Richtung orthogonal zur Streckung abgestimmt ist. Des Weiteren wird das zweite Polymer so gewählt, dass der Unterschied beim Brechungsindex in der übrigen Ebenen-Richtung maximiert wird, unabhängig davon, ob dies durch einen sehr kleinen oder einen sehr hohen Brechungsindex in dieser Richtung erreicht wird.

[0060] Ein Weg, diese Kombination aus Ebenenindexabstimmung in einer Richtung und Nichtübereinstimmung in der orthogonalen Richtung zu erreichen, besteht darin, ein erstes Polymer auszuwählen, das bei Streckung eine beträchtliche Doppelbrechung entwickelt, und ein zweites Polymer auszuwählen, das bei Streckung allenfalls eine geringe Doppelbrechung entwickelt, und den entstandenen Film in nur einer einzigen Ebenen-Richtung zu strecken. Alternativ kann das zweite Polymer unter jenen ausgewählt werden, die eine Doppelbrechung in der Richtung entwickeln, die der des ersten Polymers entgegengesetzt ist (negativ – positiv oder positiv – negativ). Ein weiteres alternatives Verfahren besteht darin, ein erstes und ein zweites Polymer auszuwählen, die in der Lage sind, bei Streckung Doppelbrechung zu entwickeln, aber in zwei orthogonalen Ebenen-Richtungen zu strecken, wobei Verarbeitungsbedingungen wie beispielsweise Temperaturen, Streckungsraten, Entspannen nach dem Strecken und dergleichen ausgewählt werden, die zur Entstehung ungleicher Orientierungsniveaus in den beiden Streckungsrichtungen für das erste Polymer führen und für das zweite Polymer zu solchen Orientierungsniveaus führen, dass ein Ebenen-Index ungefähr auf den des ersten Polymers abgestimmt ist und der orthogonale Ebenen-Index in deutlicher Nichtübereinstimmung mit dem des ersten Polymers liegt. Es können beispielsweise solche Bedingungen gewählt werden, dass das erste Polymer im fertigen Film einen biaxial orientierten Charakter hat, während das zweite Polymer einen überwiegend uniaxial orientierten Charakter im fertigen Film hat.

[0061] Das oben Dargelegte ist nur beispielhaft, und es versteht sich, dass Kombinationen aus dieser und weiteren Techniken angewendet werden können, um das Polarisationsfilmziel der Index-Nichtübereinstimmung in einer Ebenen-Richtung und der relativen Index-Übereinstimmung in der orthogonalen Ebenen-Richtung zu erreichen.

[0062] Für einen reflektierenden oder Spiegelfilm gelten andere Überlegungen. Vorausgesetzt, dass der Film nicht auch einige polarisierende Eigenschaften haben soll, gelten Brechungsindexkriterien gleichermaßen für jede Richtung in der Filmebene. So ist es typisch, dass die Indizes für eine bestimmte Schicht in orthogonalen Ebenen-Richtungen gleich oder nahezu gleich sind. Es ist jedoch vorteilhaft, wenn sich die Filmebenen-Indizes des ersten Polymers so stark wie möglich von den Filmebenen-Indizes des zweiten Polymers unterscheiden. Darum ist es, wenn das erste Polymer einen großen Brechungsindex aufweist, wenn es isotrop ist, vorteilhaft, wenn es auch negativ doppelbrechend ist. Das zweite Polymer entwickelt bei Streckung vorteilhafterweise allenfalls eine geringe Doppelbrechung oder entwickelt eine Doppelbrechung in positiver Richtung (positiv – negativ oder negativ – positiv), dergestalt, dass seine Filmebenen-Brechungsindizes sich so stark wie möglich von jenen des ersten Polymers in dem fertigen Film unterscheiden. Diese Kriterien können entsprechend mit den oben angeführten für polarisierende Filme kombiniert werden, wenn ein Spiegelfilm auch einen gewissen Grad an polarisierenden Eigenschaften aufweisen soll.

[0063] Farbige Filme können als Sonderfälle von Spiegel- und Polarisationsfilmen betrachtet werden. Es gelten somit die gleichen Kriterien, wie sie oben umrissen wurden. Die wahrgenommene Farbe ist ein Ergebnis der Reflexion oder Polarisation über eine oder mehrere bestimmte Bandbreiten des Spektrums hinweg. Die

Bandbreiten, über die ein Mehrschichtfilm der vorliegenden Erfindung effektiv ist, wird in erster Linie durch die Verteilung der Schichtdicken bestimmt, die in dem einen oder den mehreren optischen Stapeln verwendet werden, aber es ist auch die Wellenlängenabhängigkeit oder Dispersion der Brechungsindizes des ersten und des zweiten Polymers zu berücksichtigen. Es versteht sich, dass die gleichen Regeln für die infraroten und ultravioletten Wellenlängen gelten wie für die sichtbaren Farben.

[0064] Das Absorptionsvermögen ist eine weitere Überlegung. Für die meisten Anwendungen ist es vorteilhaft, wenn weder das erste Polymer noch das zweite Polymer Absorptionsbänder innerhalb der interessierenden Bandbreite für den betreffenden Film aufweist. Somit wird alles einfallende Licht innerhalb der Bandbreite entweder reflektiert oder durchgelassen. Bei einigen Anwendungen kann es jedoch nützlich sein, wenn entweder das erste oder das zweite Polymer oder beide bestimmte Wellenlängen entweder ganz oder zum Teil absorbieren.

[0065] Polyethylen-2,6-naphthalat (PEN) wird oft als ein erstes Polymer für Filme der im vorliegenden Text beschriebenen Art gewählt. Es besitzt einen großen positiven spannungsoptischen Koeffizienten, behält nach dem Strecken effektiv die Doppelbrechung bei und hat im sichtbaren Bereich allenfalls geringe Absorption. Es besitzt auch einen großen Brechungsindex im isotropen Zustand. Sein Brechungsindex für polarisiertes einfallendes Licht mit einer Wellenlänge von 550 nm vergrößert sich, wenn die Polarisationssebene parallel zur Streckungsrichtung verläuft, von etwa 1,64 bis hinaus zu etwa 1,9. Seine Doppelbrechung kann durch Verstärken seiner molekularen Orientierung verstärkt werden, was wiederum durch Strecken auf höhere Streckungsverhältnisse bei ansonsten gleichbleibenden Streckungsbedingungen verstärkt werden kann.

[0066] Es sind auch andere halbkristalline Naphthalendicarboxylpolyester geeignet. Polybutylen-2,6-naphthalat (PBN) sei als Beispiel genannt. Diese Polymere können Homopolymere oder Copolymere sein, vorausgesetzt, dass die Verwendung von Comonomeren nicht wesentlich den spannungsoptischen Koeffizienten oder die Beibehaltung der Doppelbrechung nach dem Strecken beeinträchtigt. Der Begriff "PEN" meint im Sinne des vorliegenden Textes auch Copolymere von PEN, die diese Einschränkungen erfüllen. In der Praxis erlegen diese Einschränkungen eine Obergrenze für den Comonomergehalt auf, dessen genauer Wert sich mit der Wahl des einen oder der mehreren verwendeten Comonomere ändert. Ein gewisser Kompromiss bei diesen Eigenschaften kann jedoch eingegangen werden, wenn die Einarbeitung von Comonomeren zu einer Verbesserung anderer Eigenschaften führt. Solche Eigenschaften sind beispielsweise verbesserte Adhäsion zwischen den Schichten, ein niedriger Schmelzpunkt (was eine niedrigere Extrusionstemperatur zur Folge hat), bessere rheologische Abstimmung auf andere Polymere in dem Film und vorteilhafte Verschiebungen im Prozessfenster bezüglich des Streckens infolge der Veränderung der Glasübergangstemperatur.

[0067] Geeignete Comonomere zur Verwendung in PEN, PBN oder dergleichen können vom Diol- oder Dicarboxylsäure- oder Estertyp sein. Dicarboxylsäure-Comonomere sind beispielsweise Terephthalsäure, Isophthalsäure, Phthalsäure, alle isomeren Naphthalendicarboxylsäuren (2,6-, 1,2-, 1,3-, 1,4-, 1,5-, 1,6-, 1,7-, 1,8-, 2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,7- und 2,8-), Bibencoesäuren wie beispielsweise 4,4'-Biphenyldicarboxylsäure und ihre Isomere, trans-4,4'-stilbendicarboxylsäure und ihre Isomere, 4,4'-Diphenyletherdicarboxylsäure und ihre Isomere, 4,4'-Diphenylsulfondicarboxylsäure und ihre Isomere, 4,4'-Benzophenondicarboxylsäure und ihre Isomere, halogenierte aromatische Dicarboxylsäuren wie beispielsweise 2-Chlorterephthalsäure und 2,5-Dichlorterephthalsäure, weitere substituierte aromatische Dicarboxylsäuren wie beispielsweise tert.-Butylisophthalsäure und natriumsulfonierte Isophthalsäure, Cycloalkandicarboxylsäuren wie beispielsweise 1,4-Cyclohexandicarboxylsäure und ihre Isomere und 2,6-Decahydronaphthalendicarboxylsäure und ihre Isomere, bi- oder multicyclische Dicarboxylsäuren (wie beispielsweise die verschiedenen isomeren Norbornan- und Norbornendicarboxylsäuren, Adamantandicarboxylsäuren und Bicyclooctandicarboxylsäuren), Alkandicarboxylsäuren (wie beispielsweise Sebacinsäure, Adipinsäure, Oxalsäure, Malonsäure, Bernsteinsäure, Glutarsäure, Azelainsäure und Dodecandicarboxylsäure), und jegliche der isomeren Dicarboxylsäuren der kondensierten aromatischen Ringkohlenwasserstoffe (wie beispielsweise Inden, Anthracen, Phenanthren, Benzonaphthen, Fluoren und dergleichen). Alternativ können Alkylester dieser Monomere, wie beispielsweise Dimethylterephthalat, verwendet werden.

[0068] Zu geeigneten Diolcomonomeren gehören beispielsweise lineare oder verzweigte Alkandiole oder Glykole (wie beispielsweise Ethylenglykol, Propandiole wie beispielsweise Trimethylenglykol, Butandiole wie beispielsweise Tetramethylenglykol, Pentandiole wie beispielsweise Neopentylglykol, Hexandiole, 2,2,4-Trimethyl-1,3-Pentandiol und höhere Diole), Etherglykole (wie beispielsweise Diethylenglykol, Triethylenglykol und Polyethylenglykol), Kettenesterdiole wie beispielsweise 3-Hydroxy-2,2-Dimethylpropyl-3-Hydroxy-2,2-Dimethylpropanoat, Cycloalkanglykole wie beispielsweise 1,4-Cyclohexandimethanol und seine Isomere und 1,4-Cyclohexandiol und seine Isomere, bi- oder multicyclische Diole (wie beispielsweise die verschiedenen

isomeren Tricyclodecandimethanole, Norbornandimethanole, Norbornendimethanole und Bicyclooctandimethanole), aromatische Glykole (wie beispielsweise 1,4-Benzendimethanol und seine Isomere, 1,4-Benzendiol und seine Isomere, Bisphenole wie beispielsweise Bisphenol A, 2,2'-Dihydroxybiphenyl und seine Isomere, 4,4'-Dihydroxymethylbiphenyl und seine Isomere und 1,3-bis(2-hydroxyethoxy)benzen und seine Isomere), und niedere Alkylether oder Diether dieser Dirole wie beispielsweise Dimethyl- oder Diethyldiole.

[0069] Tri- oder polyfunktionale Comonomere, die dazu dienen können, den Polyestermolekülen eine verzweigte Struktur zu verleihen, können ebenfalls verwendet werden. Sie können entweder vom Carboxylsäure-, Ester-, Hydroxy- oder Ethertyp sein. Zu Beispielen gehören Trimellithsäure und ihre Ester, Trimethylolpropan und Pentaerythritol.

[0070] Ebenfalls als Comonomere geeignet sind Monomere von gemischter Funktionalität, einschließlich Hydroxycarboxylsäuren wie beispielsweise Parahydroxybenzoesäure und 6-Hydroxy-2-naphthalencarboxylsäure und ihre Isomere und tri- oder polyfunktionale Comonomere von gemischter Funktionalität wie beispielsweise 5-Hydroxyisophthalsäure und dergleichen.

[0071] Polyethylenterephthalat (PET) ist ein weiteres Material, das einen signifikanten positiven spannungs-optischen Koeffizienten aufweist, eine Doppelbrechung nach dem Strecken effektiv beibehält und allenfalls geringe Absorption innerhalb des sichtbaren Bereichs aufweist. Somit können PET und seine Copolymere mit hohem PET-Gehalt, welche die oben angeführten Comonomere verwenden, bei einigen Anwendungen ebenfalls als erste Polymere verwendet werden.

[0072] Wenn ein Naphthalendicarboxylpolyester wie beispielsweise PEN oder PBN als erstes Polymer gewählt wird, so gibt es verschiedene Herangehensweisen bei der Auswahl eines zweiten Polymers. Eine bevorzugte Herangehensweise bei einigen Anwendungen ist es, ein Naphthalendicarboxylcopolyester (coPEN) auszuwählen, das so formuliert ist, dass bei Streckung deutlich weniger oder gar keine Doppelbrechung entwickelt wird. Dies kann bewerkstelligt werden, indem man Comonomere und ihre Konzentrationen in dem Copolymer so wählt, dass die Kristallisationsfähigkeit des coPEN beseitigt oder größtenteils verringert ist. Eine typische Formulierung verwendet als die Dicarboxylsäure- oder Esterkomponenten Dimethylnaphthalat von etwa 20 Mol-% bis etwa 80 Mol-% und Dimethylterephthalat oder Dimethylisophthalat von etwa 20 Mol-% bis etwa 80 Mol-%, und verwendet Ethylenglykol als Diolkomponente. Natürlich können anstelle der Ester auch die entsprechenden Dicarboxylsäuren verwendet werden. Die Anzahl an Comonomeren, die in der Formulierung eines coPEN-Zweitpolymers verwendet werden können, ist unbegrenzt. Zu geeigneten Comonomeren, die für ein coPEN-Zweitpolymer in Frage kommen, gehören beispielsweise alle Comonomere, die oben als geeignete PEN-Comonomere angeführt wurden, einschließlich der Säure-, Ester-, Hydroxy-, Ether-, tri- oder polyfunktionalen und Mischfunktionalitätstypen.

[0073] Oft ist es nützlich, den isotropen Brechungsindex eines coPEN-Zweitpolymers vorherzusagen. Es ist festgestellt worden, dass ein Volumendurchschnitt der Brechungsindizes der zu verwendenden Monomere ein brauchbarer Richtwert ist. Ähnliche Techniken, die auf diesem technischen Gebiet allgemein bekannt sind, können verwendet werden, um die Glasübergangstemperaturen für coPEN-Zweitpolymere anhand der Glasübergänge der Homopolymere der zu verwendenden Monomere zu schätzen.

[0074] Darüber hinaus sind Polycarbonate mit einer Glasübergangstemperatur, die mit der von PEN vergleichbar ist, und mit einem Brechungsindex ähnlich dem isotropen Brechungsindex von PEN ebenfalls als zweite Polymere brauchbar. Polyester, Copolyester, Polycarbonate und Copolycarbonate können ebenfalls gemeinsam einem Extruder zugeführt und zu neuen geeigneten Copolymer-Zweitpolymeren umgeestert werden.

[0075] Das zweite Polymer braucht kein Copolyester oder Copolycarbonat zu sein. Es können auch Vinylpolymere und Copolymere, die aus Monomeren wie beispielsweise Vinylnaphthalenen, Styrenen, Ethylen, Maleinanhydrid, Acrylaten, Acetaten und Methacrylaten hergestellt sind, verwendet werden. Es können auch andere Kondensationspolymere als Polyester und Polycarbonate verwendet werden. Als Beispiele seien Polysulfone, Polyamide, Polyurethane, Polycarbamoylcarbonsäuren und Polyimide genannt. Naphthalengruppen und Halogene wie beispielsweise Chlor, Brom und Iod eignen sich zur Erhöhung des Brechungsindex' des zweiten Polymers auf einen gewünschten Wert. Acrylatgruppen und Fluor eignen sich ganz besonders zur Erhöhung des Brechungsindex', wenn dies gewünscht wird.

[0076] Es versteht sich aus der obigen Besprechung, dass die Auswahl eines zweiten Polymers nicht nur von der vorgesehenen Anwendung des betreffenden optischen Mehrschichtfilms abhängt, sondern auch von der Wahl, die für das erste Polymer getroffen wurde, sowie von den beim Strecken eingesetzten Verarbeitungsbe-

dingungen. Geeignete Zweitpolymer-Materialien sind beispielsweise Polyethylennaphthalat (PEN) und dessen Isomere (wie beispielsweise 2,6-, 1,4-, 1,5-, 2,7- und 2,3-PEN), Polyalkylenterephthalate (wie beispielsweise Polyethylenterephthalat, Polybutylenterephthalat und poly-1,4-Cyclohexandimethylenterephthalat), sonstige Polyester, Polycarbonate, Polyarylate, Polyamide (wie beispielsweise Nylon 6, Nylon 11, Nylon 12, Nylon 4/6, Nylon 6/6, Nylon 6/9, Nylon 6/10, Nylon 6/12 und Nylon 6/T), Polyimide (einschließlich thermoplastische Polyimide und Polyacrylimide), Polyamidimide, Polyetheramide, Polyetherimide, Polyarylether (wie beispielsweise Polyphenylenether und die ringsubstituierten Polyphenylenoxide), Polyaryletherketone wie beispielsweise Polyetheretherketon ("PEEK"), aliphatische Polyketone (wie beispielsweise Copolymere und Terpolymere von Ethylen und/oder Propylen mit Kohlendioxid), Polyphenylensulfid, Polysulfone (einschließlich Polyethersulfone und Polyarylsulfone), ataktisches Polystyren, syndiotaktisches Polystyren ("sPS") und seine Derivate (wie beispielsweise syndiotaktisches Poly-alpha-Methylstyren und syndiotaktisches Polydichlorstyren), Mischungen aus beliebigen dieser Polystyrene (miteinander oder mit anderen Polymeren, wie beispielsweise Polyphenylenoxide), Copolymere von beliebigen dieser Polystyrene (wie beispielsweise Styrenbutadiencopolymere, Styrenacrylnitrilcopolymere und Acrylnitrilbutadienstyrenterpolymere), Polyacrylate (wie beispielsweise Polymethylacrylat, Polyethylacrylat und Polybutylacrylat), Polymethacrylate (wie beispielsweise Polymethylmethacrylat, Polyethylmethacrylat, Polypropylmethacrylat und Polyisobutylmethacrylat), Cellulosederivate (wie beispielsweise Ethylcellulose, Celluloseacetat, Cellulosepropionat, Celluloseacetatbutyrat und Cellulosenitrat), Polyalkylenpolymere (wie beispielsweise Polyethylen, Polypropylen, Polybutylen, Polyisobutylen und Poly(4-methyl)penten), fluorierte Polymere und Copolymere (wie beispielsweise Polytetrafluorethylen, Polytrifluorethylen, Polyvinylidenfluorid, Polyvinylfluorid, fluorierte Ethylenpropylen copolymere, Perfluoralkoxyharze, Polychlortrifluorethylen, Polyethylencotrifluorethylen, Polyethylencochlortrifluorethylen), chlorierte Polymere (wie beispielsweise Polyvinylidenchlorid und Polyvinylchlorid), Polyacrylnitril, Polyvinylacetat, Polyether (wie beispielsweise Polyoxymethylen und Polyethylenoxid), Ionomerharze, Elastomere (wie beispielsweise Polybutadien, Polyisopren und Neopren), Silikonharze, Epoxidharze und Polyurethane.

[0077] Ebenfalls geeignet sind Copolymere, wie beispielsweise die oben besprochenen Copolymere von PEN, sowie jegliche sonstigen naphthalengruppenfreien Copolyester, die aus den obigen Auflistungen geeigneter Polyestercomonomere für PEN formuliert werden können. Bei einigen Anwendungen, insbesondere wenn PET als das erste Polymer dient, sind Copolyester auf der Basis von PET und Comonomeren aus den obigen Auflistungen (coPETs) besonders geeignet. Des Weiteren kann entweder das erste oder das zweite Polymer aus mischbaren oder nicht-mischbaren Gemischen aus zwei oder mehr der oben beschriebenen Polymere oder Copolymere bestehen (wie beispielsweise Gemische aus sPS und ataktischen Polystyren oder aus PEN und sPS). Die beschriebenen coPENs und coPETs können direkt synthetisiert werden oder können als ein Gemisch aus Granulat formuliert werden, wobei wenigstens eine Komponente ein Polymer auf der Basis von Naphthalendicarboxylsäure oder Terephthalsäure ist und weitere Komponenten Polycarbonate oder andere Polyester sind, wie beispielsweise ein PET, ein PEN, ein coPET oder ein coPEN.

[0078] Eine andere bevorzugte Materialfamilie für das zweite Polymer für einige Anwendungen sind die syndiotaktischen aromatischen Vinylpolymere, wie beispielsweise syndiotaktisches Polystyren. Zu syndiotaktischen aromatischen Vinylpolymeren, die sich für die vorliegende Erfindung eignen, gehören Poly(styren), Poly(alkylstyren)e, Poly(arylstyren)e, Poly(styrenhalid)e, Poly(alkoxystyren)e, Poly(vinylesterbenzoat), Poly(vinylnaphthalen), Poly(vinylstyren) und Poly(acenaphthalen) sowie die hydrierten Polymere und Mischungen aus Copolymeren, die diese Struktureinheiten enthalten. Zu Beispielen von Poly(alkylstyren)en gehören die Isomere von Folgendem: Poly(methylstyren), Poly(ethylstyren), Poly(propylstyren) und Poly(butylstyren). Zu Beispielen von Poly(arylstyren)en gehören auch die Isomere von Poly(phenylstyren). Was die Poly(styrenhalid)e anbelangt, gehören zu Beispielen die Isomere des Folgenden: Poly(chlorstyren), Poly(bromstyren) und Poly(fluorstyren).

[0079] Zu Beispielen von Poly(alkoxystyren)en gehören Isomere von Poly(methoxystyren) und Poly(ethoxystyren). Unter diesen Beispielen sind besonders bevorzugte Styrengruppenpolymere: Polystyren, Poly(p-methylstyren), Poly(m-methylstyren), Poly(p-tert.-Butylstyren), Poly(p-chlorstyren), Poly(m-chlorstyren), Poly(p-fluorstyren) und Copolymere von Styren und p-Methylstyren.

[0080] Des Weiteren können Comonomere verwendet werden, um syndiotaktische aromatische Vinylgruppen-Copolymere herzustellen. Zusätzlich zu den Monomeren für die Homopolymere, die oben bei der Definierung der syndiotaktischen aromatischen Vinylpolymergruppen angeführt wurden, gehören zu geeigneten Comonomeren Olefinmonomere (wie beispielsweise Ethylen, Propylen, Butene, Pentene, Hexene, Oktene oder Decene), Dienmonomere (wie beispielsweise Butadien und Isopren) und polare Vinylmonomere (wie beispielsweise cyclische Dienmonomere, Methylmethacrylat, Maleinsäureanhydrid oder Acrylnitril).

[0081] Die syndiotaktischen aromatischen Vinylcopolymere können Blockcopolymere, statistische Copolymere oder alternierende Copolymere sein.

[0082] Die im vorliegenden Text genannten syndiotaktischen aromatischen Vinylpolymere und -copolymere haben im Allgemeinen eine Syndiotaktizität von über 75% gemäß Bestimmung durch das Kohlenstoff-13-Kernmagnetresonanzverfahren. Vorzugsweise ist der Grad der Syndiotaktizität höher als 85% racemisch zweiwertig oder höher als 30% – oder besonders bevorzugt höher als 50% – racemisch fünfwertig.

[0083] Auch wenn es keine besonderen Beschränkungen hinsichtlich des Molekulargewichts dieser syndiotaktischen aromatischen Vinylpolymere und – copolymere gibt, ist des Weiteren das gewichtsgemittelte Molekulargewicht vorzugsweise größer als 10.000 und kleiner als 1.000.000 und besonders bevorzugt größer als 50.000 und kleiner als 800.000.

[0084] Die syndiotaktischen aromatischen Vinylpolymere und – copolymere können auch in der Form von Polymermischungen mit beispielsweise aromatischen Vinylgruppenpolymeren mit ataktischen Strukturen, aromatischen Vinylgruppenpolymeren mit isotaktischen Strukturen und allen sonstigen Polymeren verwendet werden, die mit aromatischen Vinylpolymeren mischbar sind. Beispielsweise weisen Polyphenylenether eine gute Mischbarkeit mit vielen der zuvor beschriebenen aromatischen Vinylgruppenpolymere auf.

[0085] Wenn ein Polarisationsfilm unter Verwendung eines Prozesses mit überwiegend uniaxialer Streckung hergestellt wird, so gehören zu besonders bevorzugten Kombinationen von Polymeren für optische Schichten PEN/coPEN, PET/coPET, PEN/sPS, PET/sPS, PEN/Eastar™ und PET/Eastar™, wobei "coPEN" ein Copolymer oder eine Mischung auf der Basis von Naphthalendicarboxylsäure (wie oben beschrieben) meint und Eastar™ ein Polyester oder Copolyester (von dem angenommen wird, dass es Cyclohexandimethylenoloneinheiten und Terephthalateinheiten enthält) ist, das auf dem freien Markt bei der Eastman Chemical Co. bezogen werden kann. Wenn ein Polarisationsfilm durch Manipulieren der Prozessbedingungen eines biaxialen Streckungsprozesses herzustellen ist, so gehören zu besonders bevorzugten Kombinationen von Polymeren für optische Schichten PEN/coPEN, PEN/PET, PEN/PBT, PEN/PETG und PEN/PETcoPBT, wobei "PBT" "Polybutylenterephthalat" meint, "PETG" ein Copolymer von PET meint, das ein zweites Glykol verwendet (in der Regel Cyclohexandimethanol), und "PETcoPBT" ein Copolyester von Terephthalsäure oder ein Ester davon mit einer Mischung aus Ethylenglykol und 1,4-Butandiol meint.

[0086] Zu besonders bevorzugten Kombinationen von Polymeren für optische Schichten im Fall von Spiegeln oder farbigen Filmen gehören PEN/PMMA, PET/PMMA, PEN/Ecdel™, PET/Ecdel™, PEN/sPS, PET/sPS, PEN/coPET, PEN/PETG und PEN/THV™, wobei "PMMA" "Polymethylmethacrylat" meint, Ecdel™ ein thermoplastisches Polyester oder Copolyester (von dem angenommen wird, dass es Cyclohexandicarboxylateinheiten, Polytetramethylenetherglykoleinheiten und Cyclohexandimethanoleinheiten enthält) ist, das auf dem freien Markt bei der Eastman Chemical Co. bezogen werden kann, "coPET" ein Copolymer oder eine Mischung auf der Basis von Terephthalsäure (wie oben beschrieben) meint, "PETG" ein Copolymer von PET meint, das ein zweites Glykol verwendet (in der Regel Cyclohexandimethanol), und THV™ ein Fluorpolymer ist, das auf dem freien Markt bei der 3M Co. bezogen werden kann.

[0087] Für Spiegelfilme ist eine Abstimmung der Brechungsindizes des ersten Polymers und des zweiten Polymers in der Richtung senkrecht zur Filmebene bevorzugt, weil es für eine konstante Remission bezüglich des Winkels des einfallenden Lichts sorgt (das heißt, es gibt keinen Polarisationswinkel). Beispielsweise könnten bei einer bestimmten Wellenlänge die Ebenen-Brechungsindizes 1,76 für biaxial orientiertes PEN betragen, während der Brechungsindex senkrecht zur Filmebene auf 1,49 fallen könnte. Wenn PMMA als das zweite Polymer in der Mehrschichtkonstruktion verwendet wird, so könnte sein Brechungsindex bei der gleichen Wellenlänge in allen drei Richtungen 1,495 betragen. Ein weiteres Beispiel ist das PET/Ecdel™-System, bei dem die analogen Indizes 1,66 und 1,51 für PET betragen könnten, während der isotrope Index von Ecdel™ 1,52 betragen könnte. Die wichtige Eigenschaft ist, dass der Index senkrecht zur Ebene für ein Material näher an den Ebenen-Indizes des anderen Materials als an seinen eigenen Ebenen-Indizes liegt.

[0088] Es ist mitunter bevorzugt, dass die optischen Mehrschichtfilme aus mehr als zwei unterscheidbaren Polymeren bestehen. Ein drittes oder weiteres Polymer könnte nutzbringend als eine adhäsionsverstärkende Schicht zwischen dem ersten Polymer und dem zweiten Polymer innerhalb eines optischen Stapels, als eine zusätzliche Komponente in einem Stapel für optische Zwecke, als eine schützende Grenzschicht zwischen optischen Stapeln, als eine Überzugsschicht, als eine funktionale Beschichtung oder für beliebige sonstige Zwecke verwendet werden. Als solches unterliegt die Zusammensetzung eines dritten oder weiteren Polymers (sofern verwendet) keiner Beschränkung.

[0089] Kehren wir nun zu unserer allgemeinen Besprechung des Mehrschichtfilms zurück. Es wurde festgestellt, dass beträchtliche Unterschiede zwischen den Z-Indizes benachbarter Schichten toleriert werden können und trotzdem noch eine ausreichende optische Leistung des Mehrschichtfilms über einen weiten Bereich von Eintrittswinkeln hinweg beibehalten werden kann. Je enger die Z-Indizes aufeinander abgestimmt werden, desto größer ist im Grunde der Bereich der Eintrittswinkel, über den die Amplitude und die Teilbandbreite eines bestimmten Durchlässigkeitsbandes innerhalb bestimmter Grenzen bleiben. Die Nichtübereinstimmung der Z-Indizes benachbarter Schichten ist vorzugsweise nicht größer als die Hälfte und besonders bevorzugt nicht größer als etwa 20% der maximalen Ebenen-Nichtübereinstimmung zwischen diesen Schichten. Die Ebenen-Nichtübereinstimmung liegt in der Regel in der Größenordnung von wenigstens 0,05 beim Brechungsindex.

[0090] Wenden wir uns wieder [Fig. 6](#) zu. Es wurde angemerkt, dass das Durchlässigkeitsspektrum von s-polarisiertem Licht für einen Eintrittswinkel ungleich null nicht dargestellt ist. Der Vollständigkeit halber folgt eine mündliche Beschreibung. In dem Maße, wie sich der Eintrittswinkel von null Grad ausgehend vergrößert, verschieben sich der Anfangs- und der Endübergang, aus denen ein bestimmtes Durchlässigkeitsband besteht, um unterschiedliche Beträge in Richtung des blauen Bereichs, dergestalt, dass sie in einer Weise überlappen, dass die Amplitude des Bandes allmählich verkleinert wird. Zunächst einmal folgt die Schwerpunktwellenlänge des verkleinerten s-Polarisationsbandes der Schwerpunktwellenlänge des p-Polarisationsbandes. Bei bandextremen Wellenlängen nimmt die s-Polarisationsdurchlässigkeit allmählich mit größer werdendem Eintrittswinkel relativ zu ihrem anfänglich niedrigem Grad ab (und die Remission nimmt entsprechend zu). Es ist zu beachten, dass sich das s-Polarisationsdurchlässigkeitspektrum in der gleichen Weise mit dem Eintrittswinkel ändert, unabhängig davon, ob der Mehrschichtfilm den bevorzugten Z-Indexabgestimmten polymeren Aufbau oder den nicht-bevorzugten isotropen Schichtaufbau hat. Dies liegt natürlich daran, dass s-polarisiertes Licht keine E-Feld-Komponente in der Z-Richtung besitzt.

[0091] Bei großen Eintrittswinkeln ist Licht, das durch relativ schmale Durchlässigkeitsbänder durchgelassen wird, infolge der verschwindenden s-Polarisationsdurchlässigkeitsbänder überwiegend p-polarisiert. Jedoch erzeugen mehrere Reflexionen, zu denen es in der Rückstrahlungsschicht kommt, im Allgemeinen einen zurückgestrahlten Strahl, dessen Polarisation relativ zu dem überwiegend p-polarisierten Strahl, der durch den Mehrschichtfilm durchgelassen wird, "verwürgelt" ist. Auch wenn die Wellenlänge des zurückgestrahlten Lichts inhärent auf das eine oder die mehreren schmalen Durchlässigkeitsbänder des Mehrschichtfilms abgestimmt ist, wird nur ein Teil (hauptsächlich die p-Polarisationskomponente) des ursprünglich zurückgestrahlten Lichts durch den Mehrschichtfilm zurück durchgelassen. Vorteilhafterweise wird ein wesentlicher Teil des zurückgestrahlten Lichts, das nicht ursprünglich durch den Film durchgelassen wurde, letztendlich nach einem oder mehreren Reflexions-/Rückstrahlungszyklen infolge des hohen Reflexionsgrades (der geringen Absorption) des Mehrschichtfilms, des hohen Wirkungsgrades der Rückstrahler Elemente und der polarisationsverwürgelten Eigenschaften der Rückstrahler Elemente durchgelassen. Die Helligkeit des zurückgestrahlten Strahls kann somit durch diese Rückführung des Lichts zwischen dem verlustarmen Mehrschichtfilm und der Rückstrahlungsschicht verstärkt werden.

[0092] Der Mehrschichtfilm in jeder der offenbarten Ausführungsformen ist vorzugsweise über die Vorderseite des Gegenstandes hinweg räumlich gleichmäßig. Der Film kann jedoch alternativ benachbarte Regionen enthalten, die speziell so konfiguriert sind, dass sie abweichende optische Eigenschaften aufweisen. Beispielsweise können eine oder mehrere Regionen eines ursprünglich gleichmäßigen Mehrschichtfilms unter Verwendung von Wärme und Druck geprägt sein. Die geprägten Regionen sind dünner als ungeprägte benachbarte Regionen und haben daher spektrale Durchlässigkeits- und Reflexionsmerkmale, die relativ zu entsprechenden Merkmalen der ungeprägten Regionen in Richtung des blauen Bereichs verschoben sind. Die geprägten Regionen können die Form eines informationsübermittelnden Musters annehmen. Die Kombination geprägter und ungeprägter Regionen kann zur Erzielung von zwei oder mehr zurückgestrahlter Farben verwendet werden.

Beispiel für einen übergangsbewahrenden Farbverschiebungsfilm: grünes Schmalband

[0093] Ein koextrudierter Film mit 417 Schichten wurde auf einer sequenziellen Flachfilmproduktionsstrecke mittels eines Koextrusionsprozesses hergestellt. Dieser mehrschichtige Polymerfilm wurde aus Polyethylenaphthalat ("PEN") und einem thermoplastischen Elastomer hergestellt, das als "Ecdel 9967" bekannt ist und bei der Eastman Chemical Co. zu beziehen ist. Es wurde ein Verteilerblockverfahren ähnlich dem von US-Patent Nr. 3,801,429 (Schrenk und Mitarbeiter) verwendet, um einen intermediären Schmelzenstrom zu erzeugen, der etwa 209 Schichten mit einem Schichtdickenprofil aufwies, das ausreichte, ein optisches Reflexionsband mit einer Teilbandbreite von etwa 30% herzustellen.

[0094] Polyethylenphthalat (PEN: 60 Gewichts-% Phenol/40 Gewichts-% Dichlorbenzen) mit einer Grenzviskositätszahl (GVZ) von 0,48 dl/g wurde dem Verteilerblock mittels eines Extruders mit einer Rate von 19,2 kg/h zugeführt, und das Ecdel-Elastomer wurde mittels eines weiteren Extruders mit einer Rate von 40,7 kg/h zugeführt. Diese Ausgangsschmelzenströme wurden dem Verteilerblock zugeleitet, der sie zu einem intermediären Schmelzenstrom aus 209 abwechselnden Schichten aus PEN und Ecdel verteilte, einschließlich zweier Außenschichten aus PEN, die als schützende Grenzschichten (SGS) durch den Verteilerblock hindurch dienten. Die 209 Schichten haben ein ungefähres Schichtdickenprofil, das durch die Verteilerblockabmessungen und die Filmextrusionsraten erzeugt wird. Nach dem Verteilerblock führte derselbe PEN-Extruder zusätzliches PEN zu den Außenschichten des intermediären Schmelzenstromes (auch als das "Extrudat" bezeichnet) mit einer Gesamtströmungsrate von etwa 13,5 kg/h zu, die als SGSs für die unmittelbar folgende Vervielfachungsstufe dienten.

[0095] Ein asymmetrischer Zweifach-Vervielfacher teilte dann das Extrudat in zwei Schmelzenströme von ungleicher Breite auf, wobei die Breiten durch ein "Vervielfachungsverhältnis" zueinander in Beziehung standen. Die beiden Schmelzenströme wurden auf eine gemeinsame Abmessung verbreitert, und ihre Dicken verringerten sich entsprechend, bevor die beiden Schmelzenströme übereinander kombiniert wurden. Der kombinierte Schmelzenstrom bestand somit aus zwei Schmelzenströmen mit der gleichen Anzahl (209) und Zusammensetzung der Einzelschichten, wobei sich aber die Dicken der Einzelschichten in einem Schmelzenstrom von den Dicken in dem anderen Schmelzenstrom um das Vervielfachungsverhältnis voneinander unterschieden. Dieser Aufbau ergab einen fertigen Film mit zwei ähnlichen spektralen Merkmalen, wobei eines relativ zum anderen infolge des Dickenunterschiedes in Richtung des blauen Bereichs verschoben war. Geringfügige Unterschiede bei der Schichtdicke werden durch den Vervielfacher in das Extrudat eingearbeitet und sind für Unterschiede bei diesen spektralen Merkmalen verantwortlich.

[0096] Nach dem Vervielfacher wurden symmetrische SGSs als äußere Überzugsschichten mit einer Gesamtrate von etwa 12,5 kg/h über einen dritten Extruder hinzugefügt. Der resultierende Schmelzenstrom passierte eine Filmdüse und floss auf eine wassergekühlte Gießtrommel. Die Geschwindigkeit der Gießtrommel wurde auf eine exakte Steuerung der endgültigen Filmdicke und somit der endgültigen Farbe eingestellt. Die Einlasswassertemperatur an der Gießtrommel betrug etwa 7 Grad Celsius. Die Ecdel-Schmelzenverarbeitungsausrüstung wurde bei etwa 249 Grad Celsius gehalten; die PEN-Schmelzenverarbeitungsausrüstung und der Verteilerblock wurden bei etwa 285 Grad Celsius gehalten. Die Überzugsschicht-Module, der Vervielfacher und die Düse wurden bei etwa 290 Grad Celsius gehalten.

[0097] Ein Hochspannungs-Anheftungssystem wurde verwendet, um das Schmelzenstromextrudat an der Gießtrommel anzuheften, als es die Düse verließ. Der Heftdraht war etwa 0,17 mm dick, und es wurde eine Spannung von etwa 5,5 kV angelegt. Der Heftdraht wurde manuell durch einen Arbeiter etwa 3 bis 5 mm von der Bahn entfernt am Punkt des Kontakts mit der Gießtrommel so positioniert, dass sich ein glattes Erscheinungsbild der Gießbahn ergab. Die Gießbahn wurde kontinuierlich durch herkömmliche sequenzielle Längsorientierungseinrichtungen (LO) und Querspannungseinrichtungen orientiert. Die Bahn wurde auf ein Reckverhältnis von 3,5 bei etwa 135 Grad Celsius längsorientiert. Der Film wurde etwa 25 Sekunden lang in einer 138 Grad Celsius warmen Querspannungs-Vorwärmzone vorgewärmt und bei 140 Grad Celsius in Querrichtung auf ein Reckverhältnis von etwa 5,0 mit einer Rate von etwa 16% je Sekunde gereckt. Der fertige Film hatte eine Enddicke von etwa 0,05 mm.

[0098] Mit bloßem Auge betrachtet, hatte der Film bei normalem Raumlicht ein stark reflektierendes, glänzendes Aussehen, wenn man ihn vor einem dunklen Hintergrund betrachtete. Weißlichtquellen erschienen kräftig grün, wenn man es allein durch den Film hindurch betrachtete, im Fall von Licht, das orthogonal durch den Film hindurch verlief. Das Vergrößern des Eintrittswinkels des einfallenden Lichts durch Neigen des Films erzeugte einen Farbverlauf von Grün zu Magenta und dann zu Orange. [Fig. 7](#) zeigt die prozentuale Durchlässigkeit, die für senkrecht einfallendes Licht (Kurve **80**) und für p-polarisiertes Licht bei Eintrittswinkeln von 45 und 60 Grad (Kurven **82**, **84**) gemessen wurden. Die prozentuale Remission ist 100% minus der prozentualen Durchlässigkeit über die gezeigten Wellenlängen hinweg innerhalb einer Genauigkeit von etwa 1%. Die Kurve **80** hat ein schmales Durchlässigkeitsband **86** mit einem Anfangsübergang **86a** und einem Endübergang **86b**, die sich zwischen zwei breiten Reflexionsbändern **88**, **90** befinden, die spektral voneinander getrennt sind. Man sieht, dass das Reflexionsband **88** eine Teilbandbreite von etwa 30% (~ 200 nm ÷ ~ 650 nm) aufweist. Band **90** hat die gleiche Teilbandbreite, aber ist wegen der oben besprochenen Wirkungsweise des asymmetrischen Vervielfachers in Richtung des blauen Bereichs verschoben. Das Durchlässigkeitsband **86** hat eine relativ kleine Teilbandbreite von etwa 10% (~ 50 nm ~ 525 nm). Man sieht, dass die maximale prozentuale Durchlässigkeit für Band **86** ziemlich hoch ist, bei etwas über 70%. Somit liegt die maximale Durchlässigkeit für zwei Durchgänge durch den Film (ungeachtet der Lichtrückführung) bei etwa 50%. Man sieht außerdem, dass der Film

eine Remission von mehr als 90% über etwa 75% des sichtbaren Spektrums aufweist. Die Form des p-polarisierten Durchlässigkeitsbandes **92** in der Kurve **82** und des Bandes **94** in der Kurve **84** schneidet im Vergleich mit Band **86** vorteilhaft ab: Diese Bänder haben eine maximale prozentuale Durchlässigkeit von etwa 70% und eine Teilbandbreite von etwa 10% oder weniger.

Spektrale "Strichcode"-Filme für Sicherheitsanwendungen

[0099] Das Fälschen von Dokumenten und Komponenten und die illegale Verschiebung von kontrollierten Materialien wie beispielsweise Sprengstoffen ist ein ernstes und allgegenwärtiges Problem. Beispielsweise stoßen die Wartungsteams von Linienflugzeugen immer wieder auf mutmaßliche nicht-originale Teile, verfügen aber über kein verlässliches Mittel, um zwischen hochwertigen Teilen, an deren Kennung man sieht, dass sie den Spezifikationen entsprechen, und nachgemachten Teilen zu unterscheiden. Gleichermäßen wird berichtet, dass bis zu zehn Prozent aller Laserdruckerkartuschen, die als neu verkauft werden, in Wahrheit regenerierte Kartuschen sind, die neu verpackt und als neu ausgegeben werden. Eine Identifikation und Rückverfolgung von Massenprodukten wie beispielsweise Ammoniumnitratdüngemitteln, die in Sprengstoffen verwendet werden können, ist ebenfalls überaus wünschenswert, aber derzeitige Identifikationsmittel sind unwirtschaftlich teuer.

[0100] Es gibt verschiedene Mittel, um die Authentizität eines Gegenstandes oder die Integrität der Verpackung zu verifizieren oder den Ursprung von Teilen, Komponenten und Rohstoffen zurückzuverfolgen. Einige dieser Vorrichtungen sind ohne besondere Hilfsmittel verifizierbar, einige sind mit separaten Lampen, Instrumenten usw. verifizierbar, und einige vereinigen Aspekte von beidem. Zu Beispielen von Vorrichtungen zur Verifizierung von Dokumenten und der Integrität von Verpackungen gehören irisierende Druckfarben und Pigmente, spezielle Fasern und Wasserzeichen, magnetische Druckfarben und Beschichtungen, Feinaufdrucke, Hologramme und mit Confirm®-Bildern versehene Rückstrahlungsfolie von der Firma 3M. Weniger Optionen gibt es für die Authentifizierung von Komponenten, meist aufgrund von Einschränkungen hinsichtlich der Größe, der Kosten und der Langlebigkeit. Zu den vorgeschlagenen Systemen gehören Magnetfilme und Chips mit integrierten Schaltungen.

[0101] Es wurden bereits Mikromarkierungen zur Rückverfolgung von kontrollierten Materialien wie beispielsweise Sprengstoffen verwendet. Bei diesen Materialien handelt es sich in der Regel um Mehrschichtpolymere, die zermahlen und in dem Produkt dispergiert werden. Die einzelnen Schichten in der Mikromarkierung können mit Hilfe eines optischen Mikroskops decodiert werden, um Informationen zum Tag und Ort der Herstellung zu erhalten. Es gibt schon lange einen unbefriedigten Bedarf an einem Sicherheitsfilmprodukt, das sowohl ohne besondere Hilfsmittel identifizierbar als auch maschinenlesbar ist, das sich herstellen lässt, ohne leicht dupliziert werden zu können, das flexibel ist und auf einer Vielzahl von Teilegrößen verwendet werden kann, die von nahezu mikroskopisch bis zu großen Bahnen reichen, und das mit spezifischen, maschinenlesbaren Informationen codiert werden kann.

[0102] Die farbselektiven Filme und optischen Körper der vorliegenden Erfindung lassen sich speziell anpassen, um einen Sicherheitsfilm oder eine Sicherheitsvorrichtung herzustellen, die sich als Trägermaterial, Etikett oder Überlaminat eignen, das alle diese Anforderungen erfüllt. Das Farbverschiebungsmerkmal, das hohe Reflexionsvermögen und die hohe Farbsättigung bei Winkeln von ungleich null sind Eigenschaften, die genutzt werden können, um ein Dokument oder eine Verpackung eindeutig zu identifizieren, und es können spektrale Details in die Filme eingearbeitet werden, so dass einmalige spektrale Fingerabdrücke entstehen, die zur Identifizierung spezieller Sicherheitsfilmchargen für die Codierung einzelner Anwendungen verwendet werden. Die Sicherheitsfilme und optischen Körper können speziell so hergestellt werden, dass sie über jeden gewünschten Abschnitt des Spektrums hinweg reflektieren, einschließlich des sichtbaren, des infraroten oder des ultraviolettens Teils. Wenn nur eine verborgene Identifizierung gewünscht wird, so kann ein Film hergestellt werden, der im sichtbaren Teil des Spektrums durchsichtig erscheint, der aber verschiedene Durchlässigkeits- und Reflexionsbänder im infraroten Bereich aufweist, um ihm einen verborgenen spektralen Fingerabdruck zu verleihen.

[0103] Von den Filmen, die ein strichcodeartiges Spektrum aufweisen, wie im vorliegenden Text beschrieben, lässt sich sagen, dass sie einen diskontinuierlichen ersten Spektralbereich aufweisen, der eine relativ geringe Remission aufweist und mit einem diskontinuierlichen zweiten Spektralbereich ineinandergreift, der eine relativ hohe Remission aufweist. Der erste Spektralbereich weist eine Folge von Durchlässigkeitsbändern auf, und der zweite Spektralbereich weist eine Folge von Reflexionsbändern auf. Das Durchlässigkeits- und das Remissionsband können je nach Wunsch die gleichen Bandbreiten aufweisen, um die Gestaltung des Strichcodes zu vereinfachen, oder können verschiedene Bandbreiten aufweisen.

[0104] Ein Beispiel eines farbigen Sicherheitsfilms ist durch das in [Fig. 8A](#) gezeigte Durchlässigkeitsspektrum dargestellt, wo das Durchlässigkeitsspektrum eines aus 900 Schichten bestehenden PEN/coPEN-Polarisators gezeigt ist, das dafür vorgesehen ist, Breitbandlicht innerhalb einer einzigen Polarisationssebene zu reflektieren. Die blaue Bandkante liegt nahe 400 nm, könnte aber auch problemlos an 500 nm gelegt werden, so dass der Gegenstand ein hellblauer Polarisator wäre, der sich bei stark schrägen Winkeln zu Grau verschieben würde. Der Film von [Fig. 8A](#) zeigt eine Reihe sehr schmaler Durchlassbereiche (d. h. Durchlassbänder), wobei die wichtigsten nahe 500 und 620 nm liegen. Diese Merkmale werden in den 3 Spektren reproduziert, die in [Fig. 8A](#) überlagert sind, wobei jedes Spektrum in Abständen von 3 cm quer über die Bahn abgegriffen ist, beginnend bei 20 cm von einer Kante des Films. [Fig. 8B](#) zeigt die Spektren für die 20-cm-Position vom Filmrand, aber diesmal für zwei Punkte, die um einen Abstand von 4 Metern in bahnabwärtiger Richtung voneinander getrennt sind. Der Durchlassbereich bei 500 nm hat ein Durchlassmaximum von 38 Prozent und eine Bandbreite von 8 nm. Die Bandkantenschrägen betragen etwa 5 Prozent je nm. Das schmalere Maximum bei 620 nm hat ähnliche Bandkantenschrägen, aber die Bandbreite ist 4 nm, mit einem Durchlassmaximalwert von 27 Prozent. Die beiden Spektren sind nahezu identisch. Die Ähnlichkeiten der Spektren, die in den [Fig. 8A](#) und [Fig. 8B](#) gezeigt sind, zeigen einen hohen Grad an Reproduzierbarkeit der Schichtstruktur an, wobei die Position der 50-Prozent-Bandkante auf besser als ± 2 nm oder einen Bereich von etwa $\pm 0,4\%$ gesteuert werden kann. Die Breite der konstanten spektralen Charakteristika liegt in der Größenordnung einiger cm. Die Länge von Filmrollen von standardmäßiger Filmherstellungsausrüstung kann problemlos einen Kilometer übersteigen. In Verbindung mit einer Breite von einigen cm mit konstanten spektralen Charakteristika lassen sich großflächige Filmbereiche mit einem einmaligen spektralen "Fingerabdruck" als ein Etikett mit einem Sicherheitscode herstellen. Solche Spektren können von einem Fälscher nur sehr schwer dupliziert werden, weil die technische Ausrüstung und die Implementierung der Prozessdetails sehr komplex ist, einschließlich der exakten Harzviskosität und des Molekulargewichts. Filme mit einer Feinstruktur, die für eine bestimmte Produktionsstreckeneinrichtung einmalig ist, können vom Fachmann mittels der im vorliegenden Text gelehrt Techniken und Materialien ohne Weiteres reproduziert werden.

[0105] Es können komplexere spektrale Fingerabdrücke in den Film eingebaut werden, um eindeutige spektrale Strichcodes herzustellen, indem gewünschte Wellenlängen über einen interessierenden Bereich hinweg selektiv durchgelassen und reflektiert werden.

[0106] [Fig. 9A](#) zeigt die errechneten Spektren für einen Film, der aus drei Gruppen zu je 50 Schichten aus PET und einem coPEN mit einem Index von 1,60 aufgebaut sind, wobei jede Gruppe entweder 0,8-, 1,0- oder 1,2-Vielfache einer 550 nm betragenden Nennwellenlänge sind. Die Schichten in jeder Gruppe auf 50 Schichten haben eine identische anfängliche optische Dicke. Die oberen und unteren Kurven stellen die äußersten Verläufe der Spektren dar, wenn jede Schicht um eine zweiprozentige 1- σ -Standardabweichung variiert wird. Diese Art des Filmaufbaus ist in der Lage, 9 bis 10 Bits an Daten über den Spektralbereich von 400 bis 1000 nm hinweg zu codieren, was zwischen 512 und 1024 einzelnen Codes entspricht. Durch Verändern der Intensität jedes Maximums können zusätzliche Codes erzeugt werden, so dass mehr als eine Million verschiedener Codes mit Hilfe von lediglich vier verschiedenen Intensitätsstufen erzeugt werden können.

[0107] [Fig. 9B](#) zeigt die Spektren wie in [Fig. 9A](#), mit der Ausnahme, dass die Pakete 50, 20 und 50 Schichten enthalten, um die Intensitätsmaxima zu variieren, und nicht 50, 50 und 50 Schichten. Es gibt beachtliche Feinstrukturdetails in den Spektren der [Fig. 9A](#) und [Fig. 9B](#), und diese Details können verwendet werden, einen bestimmten Gegenstand konkret zu identifizieren. Die Details können erreicht werden, indem man sich einfach auf zufällige Variationen im Produkt stützt, oder durch bewusstes Variieren der Dicke einer einzelnen Schicht oder Schichtengruppe.

[0108] [Fig. 9C](#) zeigt das Potenzial für ein individuelles Serialisieren von Produkten mit codierten Filmen, so dass ein spektraler Strichcode entsteht. Die fünf Diagrammlinien zeigen, wie sich das Spektrum verändert, wenn das für [Fig. 9A](#) beschriebene System so geändert wird, dass Schicht 25 (coPEN, nominal 68 nm) auf 0 nm, 6,3 nm, 13 nm, 26 nm bzw. 39 nm eingestellt wird. Die Remission des Maximums bei 550 nm wird entsprechend der kleineren Anzahl von Schichten in diesem Wellenlängenbereich verringert. Ein Produkt kann auf diese Weise bis an die Grenzen der Verteilertechnologie serialisiert werden, wobei das Potenzial dieser Technologie noch längst nicht ausgereizt ist.

[0109] Informationen können ebenfalls in den Sicherheitsfilmen und optischen Körpern der vorliegenden Erfindung mittels verschiedener weiterer Verfahren codiert werden, sei es allein oder in Kombination mit den oben beschriebenen Verfahren des Variierens der Intensität und Position der Durchlass- und Remissionsbänder. Beispielsweise können einzelne Schichten auf den infraroten Abschnitt des Spektrums abgestimmt werden, und Obertöne im sichtbaren Bereich können so gesteuert werden, dass einmalige Spektren entstehen.

Die Schichten wären dicker als jene, die verwendet werden, um die Spektren von [Fig. 9B](#) zu erzeugen, aber man würde weniger Schichten brauchen, da mehr als ein einziger Oberton aus einem einzelnen Stapel im infraroten Bereich erzeugt werden kann.

[0110] Die Verwendung extrem hoher oder niedriger f -Verhältnisse gestattet die Produktion sehr schmaler Bandreflektoren. Alternativ können Reflexionsbänder schmal gestaltet werden, indem man einen kleineren Brechungsindexunterschied zwischen Materialien, aus denen der optische Stapel besteht, verwendet. Das Verhältnis der optischen Dicke der Materialien mit hohem und niedrigem Index, welches das f -Verhältnis und die Bandbreite des Maximums erster Ordnung bestimmt, steuert auch die Größenordnung der Obertöne. Dieses Konstruktionsverfahren kann dafür verwendet werden, schmale Oberwellen höherer Ordnung zu erzeugen, als durch Prozesssteuerungsmaßnahmen verändert werden kann, ohne dass man bauliche Veränderungen in einem Verteilerblock vornehmen muss.

[0111] Als ein Beispiel, wie f -Verhältnisse variiert werden können, um eine Vielzahl spektraler Strichcodes aus einem einzelnen Verteilerblock zu gewinnen, kann ein Stapel hergestellt werden, dessen Maximum erster Ordnung sich bei 1300 nm befindet, so dass Maxima zweiter und dritter Ordnung bei ungefähr 650 und 450 nm auftreten. Wenn ein weiterer Stapel erster Ordnung bei 550 nm hinzugefügt wird, so erscheinen drei Maxima im sichtbaren Bereich mit variierender Intensität je nach dem während des Produktionsdurchlaufs gewählten f -Verhältnis.

[0112] Die Spektren für $f = 0,18, 0,33$ und $0,5$ sind in den [Fig. 10A](#), [Fig. 10B](#) bzw. [Fig. 10C](#) und in dem zusammengesetzten Diagramm von [Fig. 10D](#) gezeigt. In [Fig. 10A](#) – mit einem f -Verhältnis von $0,18$ – sind 3 Maxima zu sehen: ein Maximum dritter Ordnung bei 440 nm, ein Maximum erster Ordnung bei 550 und ein Maximum zweiter Ordnung bei 640. Bei einem f -Verhältnis von $0,33$ sieht man aus [Fig. 10B](#), dass das Maximum dritter Ordnung verschwunden ist und das Maximum erster Ordnung bei 550 stärker ist. In [Fig. 10C](#) sind wieder zwei Maxima sichtbar, aber in diesem Fall fehlt, wie erwartet, das Maximum zweiter Ordnung bei 640, und das Maximum erster Ordnung bei 550 hat seinen höchsten Reflexionsgrad. Als eine Variation dieser Konfiguration kann der Verteilerblock so geschnitten sein, dass einer der Stapel ein anderes f -Verhältnis hat als der andere, und die Maxima erster Ordnung beider Stapel können im infraroten Bereich angeordnet sein, wobei in diesem Fall Veränderungen beim Strömungsverhältnis des Schmelzenstromes mit hohem Index und des Schmelzenstromes mit niedrigem Index unterschiedliche optische Auswirkungen auf die beiden Stapel und deren höhere Ordnungen haben.

[0113] Durch Kombinieren der beschriebenen "Strichcode"-Mehrschichtfilme mit einer rückstrahlenden Schicht entsteht – in einer Konstruktion ähnlich [Fig. 2](#) – ein Gegenstand, der problemlos an verschiedenen zu markierenden Objekten angebracht werden kann und der einfacher gescannt werden kann, da eine exakte winklige Ausrichtung der Leseeinrichtung auf die Senkrechte zum Gegenstand nicht erforderlich ist.

Mehrschichtfilm mit schärferen spektralen Übergängen

[0114] Es wurde festgestellt, dass Mehrschichtfilme mit bestimmten Filmschichtprofilen viel schärfere spektrale Übergänge erzeugen können, als es bisher möglich war. [Fig. 11A](#) zeigt eine Querschnittsansicht einer Filmstruktur, die zwar nicht maßstabsgerecht ist, die aber bei der Beschreibung solcher zweckmäßigen Profile hilft. Wie gezeigt, enthält der Mehrschichtfilm **120** zwölf einzelne Schichten, die in einer abwechselnden Folge zweier optischer Materialien angeordnet sind: Material "A" und Material "B". In anderen Ausführungsformen können drei oder mehr eigenständige optische Materialien verwendet werden. Jedes Paar benachbarter Schichten "A" und "B" bildet eine OWE, wobei OWE1 oben im Film den Anfang macht und OWE6 den Abschluss bildet und die OWEs optische Dicken OT_1, OT_2, \dots, OT_6 haben. Diese optischen Dicken sind das gleiche wie der Terminus " D_i " aus der Gleichung I oben. Für eine maximale Remission erster Ordnung ($M = 1$ in Gleichung 1) bei einer Nennwellenlänge muss jede der OWEs ein f -Verhältnis von 50% relativ zur A- oder B-Schicht haben. Man kann sagen, dass die A-Schichten einen höheren X -(Ebenen-) Brechungsindex als die B-Schichten haben, da die A-Schichten dünner dargestellt sind als die B-Schichten. Die OWEs 1–3 sind zu einem Mehrschichtstapel S1 gruppiert dargestellt, in dem die optische Dicke der OWEs gleichförmig in der minus-Z-Richtung abnimmt. Die OWEs 4–6 sind zu einem weiteren Mehrschichtstapel S2 gruppiert dargestellt, in dem die optische Dicke der OWEs gleichförmig zunimmt. Dieses optische OWE-Dickenprofil ist in [Fig. 11B](#) dargestellt. Dickenprofile wie dieses sind bei der Herstellung schärferer spektraler Übergänge hilfreich. Bevor wir jedoch zu Beispielen solcher bevorzugter Profile übergehen, wird ein Beispiel eines Banddurchlassfilters ohne Bandkantenschärfung beschrieben.

[0115] [Fig. 12A](#) veranschaulicht den Aufbau eines Banddurchlass-Mehrschichtfilms aus 300 Einzelschich-

ten. Es ist die physikalische Dicke jeder einzelnen Schicht in dem Film gezeigt, wobei mit der Ober- bzw. Vorderseite des Films begonnen und zur Unter- bzw. Rückseite des Films fortgeschritten wird. Die Datenpunkte **122** stellen ein Material dar, das einen Ebenen-Brechungsindex von 1,5 hat (beispielsweise PMMA), und die Punkte **124** stellen ein Material dar, das einen Ebenen-Brechungsindex von 1,75 hat (beispielsweise PEN). Die Schichtnummern 1 und 2 bilden die "erste" OWE, die Schichten 3 und 4 bilden die zweite OWE, und so weiter. Die optische Dicke einer bestimmten OWE ist gleich der Summe der optischen Dicke der Schicht mit hohem und niedrigem Index. Die Schichten 1 bis 150 bilden einen ersten Mehrschichtstapel S3, und die Schichten 151 bis 300 bilden einen zweiten Mehrschichtstapel S4. Diese beiden einzelnen Stapel haben jeweils gleichförmig abnehmende optische OWE-Dicken. Die Diskontinuität bei der optischen Dicke zwischen den beiden Stapeln führt zu einem einfachen zahnförmigen Durchlässigkeitsband **126**, wie es in [Fig. 12B](#) gezeigt ist. [Fig. 12B](#) wurde anhand des Mehrschichtfilms von [Fig. 12A](#) berechnet, wobei die 4×4-Matrix-Verfahren von Berreman verwendet wurden, wie sie in Azzam und Bashara, Ellipsometry and Polarized Light, beschrieben sind, wobei senkrecht einfallendes Licht und ein konstanter Brechungsindex als eine Funktion der Wellenlänge (keine Dispersion) angenommen wurden. Das Band **126** hat ein Durchlassmaximum von etwa 60%, eine volle Breite bei halbem Maximum **128** von etwa 50 nm und eine Schwerpunktwellenlänge, die durch die Linie **130** angedeutet ist, von etwa 565 nm. Die Teilbandbreite von Band **126** liegt etwas unter 10%. Die Remission beträgt wenigstens 80% über etwa 75% des sichtbaren Spektrums.

[0116] Ein Film mit einer viel kleineren Teilbandbreite kann hergestellt werden, indem man zusätzliche Schichten (OWEs) mit einem bestimmten optischen Dickenprofil anordnet, die den Effekt einer Schärfung der spektralen Anfangs- und Endübergänge haben. [Fig. 13A](#) veranschaulicht den Aufbau eines solchen Films. Die Datenpunkte **122**, **124** stehen für die gleichen Materialien wie in [Fig. 12A](#), mit Brechungsindizes von 1,5 bzw. 1,75, und die Reihen von 150 Schichten in den Mehrschichtstapeln S3 und S4 haben den gleichen linearen Dickenverteilungsverlauf wie in [Fig. 12A](#). Der Film von [Fig. 13A](#) fügt einfach die Stapel S5, S6, die OWEs mit im Wesentlichen konstanten (nicht-abgestuften) optischen Dicken aufweisen, zwischen den Stapeln S3, S4 hinzu. Die OWEs von Stapel S5 haben eine optische Dicke, die im Wesentlichen der kleinsten optischen Dicke von Stapel S3 gleicht, und die OWEs von Stapel S6 haben eine optische Dicke, die im Wesentlichen der größten optischen Dicke von Stapel S4 gleicht. Die gleiche Beziehung gilt auch für jeden Bestandteil der OWEs. Das errechnete Achsenspektrum für den veranschaulichten Stapel ist in [Fig. 13B](#) gezeigt, wo ein viel schärferes Durchlässigkeitsband **132** zu sehen ist. Die prozentuale Bandbreite von Band **132** liegt in der Größenordnung von 3% oder weniger.

[0117] Es wurde ein weiterer Mehrschichtfilm, dessen Aufbau in [Fig. 14A](#) gezeigt ist, hergestellt, um das Durchlassmaximum zu verbessern und noch steilere Bandkanten (ein schmaleres Durchlässigkeitsband) zu erzeugen. Dies wurde mit den gleichen Materialien erreicht, die für die Datenpunkte **122**, **124** verwendet wurden, indem die individuellen Schichten, wie gezeigt, zu einzelnen Mehrschichtstapeln S7–S10 angeordnet wurden, wobei die Stapel S8 und S9 entgegengesetzt gekrümmte Dickenprofile aufweisen und die benachbarten Abschnitte der Stapel S7 und S10 ein leicht gekrümmtes Profil aufweisen, das an die Krümmung der Stapel S8 bzw. S9 angepasst ist. Das gekrümmte Profil kann jeder beliebigen Anzahl funktionaler Formen folgen. Der Hauptzweck der Form besteht darin, die exakte Wiederholung der Dicke zu vermeiden, die in einem Viertelwellenstapel mit Schichten vorhanden ist, die nur auf eine einzige Wellenlänge abgestimmt sind. Die hier konkret verwendete Funktion ist eine additive Funktion eines linearen Profils (die gleiche, wie sie auf der Seite der kurzen Wellenlängen von S7 und der Seite der langen Wellenlängen von S10 verwendet wird) und einer Sinusfunktion, um das Profil mit einer entsprechenden negativen oder positiven ersten Ableitung zu krümmen. Ein wichtiges Merkmal ist, dass die zweite Ableitung des OWE-Dickenprofils für die rote Bandkante (mit den langen Wellenlängen) eines Reflexionsstapels negativ ist und für die blaue Bandkante (mit den kurzen Wellenlängen) eines Reflexionsstapels positiv ist. Es ist zu beachten, dass die entgegengesetzte Richtung erforderlich ist, wenn man von den Bandkanten des gezahnten Durchlässigkeitsbandes spricht. Andere Ausführungsformen desselben Prinzips enthalten Schichtprofile, die mehrere Punkte mit einem Nullwert der ersten Ableitung aufweisen. In allein Fällen beziehen sich hier die Ableitungen auf jene einer am besten passenden Kurve, die durch das optische Dickenprofil der jeweiligen OWE angepasst ist, die kleine statistische Fehler von weniger als 10% Sigmaeins-Standardabweichung in optischen Dickenwerten enthalten kann.

[0118] [Fig. 14B](#) zeigt die errechnete Rchsendurchlässigkeit des Films von [Fig. 14A](#). Das Durchlassmaximum des Bandes **134** liegt oberhalb von 75%, und die Teilbandbreite liegt in der Größenordnung von 2% oder weniger. Die außeraxialen Durchlässigkeitspektren sowohl für p- als auch s-Polarisationen wurden ebenfalls errechnet und sind als Kurven **136** bzw. **138** in [Fig. 14C](#) gezeigt. Die Berechnung erfolgte für einen Eintrittswinkel von 60 Grad und nahm an, dass die Außerebenen-Brechungsindizes der beiden Schichtarten auf einen Index von 1,5 abgestimmt waren. Es ist die Beibehaltung des hohen Durchlässigkeitsmaximums und der kleinen Teilbandbreite für die p-Polarisation zu beachten. Es ist außerdem zu beachten, dass das Durchlässigkeitsmaxi-

zum für die s-Polarisation verschwunden ist. Jedoch sind nun breitere Durchlässigkeitsbänder, die axial nahe dem infraroten Bereich angeordnet waren, sowohl für die s- als auch für die p-Polarisation am roten Ende des Spektrums in [Fig. 14C](#) sichtbar.

[0119] Für Mehrschichtfilme mit breiteren Durchlässigkeitsmerkmalen, wie beispielsweise Hoch- oder Tiefpassfilter, können ähnliche Übergangsschärfungstechniken verwendet werden. Im Weiteren werden verschiedene solcher Beispiele angeführt. Bei einigen Ausführungsformen wird die physikalische Dicke jeder Schicht, aus der eine OWE besteht, im gleichen Tempo über die Dicke des Films hinweg variiert, beispielsweise entsprechend der gleichen Linearfunktion, während bei anderen die Dicke der Schichten, aus denen eine OWE besteht, unterschiedlich variiert werden. In jedem der folgenden Beispiele haben die Schichten mit hohem und niedrigem Index einen Index von 1,75 bzw. 1,5 und sind dispersionslos.

	S11	S12	S13	S14	S15
Gesamtzahl der Schichten	170	30	30	30	30
Anfangsschichtdicke (nm) - Hoher Index	154,6	112,4	112,4	112,4	112,4
Schichtdickeninkrement (nm) - Hoher Index	-0,4965	0,726	0,726	0	0,726
Anfangsschichtdicke (nm) - Niedriger Index	183,3	133,3	133,3	133,3	133,3
Schichtdickeninkrement (nm) - Niedriger Index	-0,5882	0,8608	0	0	-0,5882
Optische Dicke (nm) der Anfangs-OWE	545,5	396,65	396,65	396,65	396,65
Inkrement der optischen Dicke (nm) der OWE	-1,7512	2,5617	1,2705	0	0,3882

[0120] Der einzelne Mehrschichtstapel S11 dient als Ausgangs-Filmdesign. Es wurde ein axiales Remissionspektrum **140** für Stapel S11 allein errechnet, und dann für die Filmkombinationen: S11 + S12 (zum physikalischen Dickenprofil siehe [Fig. 15A](#), und zur Remissionskurve **142** siehe [Fig. 15B](#)); S11 + S13 (zum physikalischen Dickenprofil siehe [Fig. 16A](#), und zur Remissionskurve **144** siehe [Fig. 16B](#)); S11 + S14 (zum physikalischen Dickenprofil siehe [Fig. 17A](#), und zur Remissionskurve **146** siehe [Fig. 17B](#)); S11 + S15 (zum physikalischen Dickenprofil siehe [Fig. 18A](#), und zur Remissionskurve **148** siehe [Fig. 18B](#)). Wie aus den Figuren zu erkennen ist, hat die Hinzufügung eines Stapels mit einem umgekehrten Dickengradienten (Stapel S12), eines Stapels mit einem umgekehrten Dickengradienten mit f-Verhältnis-Abweichung (Stapel S13), eines Stapels mit einem Dickengradienten von im Wesentlichen null (Stapel S14) und eines Stapels mit einem umgekehrten Dickengradienten unter Verwendung lediglich einer einzigen Komponente der OWEs (Stapel S15) zum Stapel S11 progressiv wünschenswerte Auswirkungen auf die Schärfe des spektralen Übergangs.

Beispielgegenstände

Beispielgegenstand 1: Breitbandreflektor auf linearem prismatischen Rückstrahler

[0121] Ein Gegenstand ähnlich dem von [Fig. 3C](#) wurde durch Laminieren eines mehrschichtigen Polymerfilms auf eine lineare prismatische rückstrahlende Schicht hergestellt. Bei der verwendeten linearen prismatischen Schicht handelte es sich um Optical Lighting Film, der auf dem freien Markt bei der 3M Company zu beziehen ist. Der Mehrschichtfilm hatte 601 einzelne Schichten und erschien dem bloßen Auge als Gelb bei durchgelassenem Licht und als Blau bei reflektiertem Licht. Separate reflektierte Farbbilder von Überkopf-Fluoreszenzlampe waren gleichzeitig in den zwei verschiedenen Farben zu sehen. Von der prismatischen Seite aus über einem schwarzen Hintergrund betrachtet, waren nur blaue Bilder zu sehen. Auf einem diffusen weißen Hintergrund waren beide Farben zu sehen, aber das Gelb dominierte. Von der anderen Seite her betrachtet, waren sowohl gelbe als auch blaue Bilder zu sehen, wobei die beiden Bilder in verschiedenen Winkeln ausgerichtet waren. Die Spektren dieser beiden Bilder sind in [Fig. 19](#) gezeigt. Die Strichlinie ist für zurückgestrah-

tes Licht und enthält zwei Durchgänge durch den Mehrschichtfilm. Die durchgezogene Linie ist für Licht, das von dem Mehrschichtfilm spiegelreflektiert wurde. Diese Spektren wurden in einem Lambda-9-Spektrophotometer von der Firma Perkin-Elmer gemessen, indem man die Probenfurchen in zwei verschiedenen Winkeln ausrichtete. Die zurückgestrahlte Komponente konnte in einer Ulbrichtschen Kugel erfasst werden, weil der Gegenstand nur in einer einzigen Ebene zurückstrahlte. Es ist zu beachten, dass die beiden Kurven im Wesentlichen komplementäre Farben darstellen und praktisch sowohl das Remissions- als auch das Durchlässigkeitspektrum des Mehrschichtfilms allein darstellen.

Beispielgegenstand 2: Linearer prismatischer Rückstrahler, der auf einen Mehrschichtfilm aufgegossen ist

[0122] Eine Lage eines mehrschichtigen dichroitischen Spiegelfilms mit abwechselnden Schichten aus Polyesterterephthalat und Ecdel wurde mit einer Lösung aus 3% Benzophenon in 1,6-Hexandioldiacrylat grundiert. Die Grundierung wurde dann bei einer Produktionsstreckengeschwindigkeit von 50 Fuß/Minute in einer Luftatmosphäre unter Verwendung einer mit 300 W/Inch arbeitenden Fusion-"H"-UV-Lampe ausgehärtet. Dann wurde eine Harzmischung aus Ebecryl 600 (25 Teile)/Trimethylolpropantriacyrylat (50 Teile)/Tetrahydrofurfurylacrylat (25 Teile) mit 1 Gewichts-% Darcur 4265 hergestellt. Das Harz wurde unter Verwendung einer Auftragswalze zwischen ein Galvanoformwerkzeug (Gießform) für einen linearen prismatischen Film, wobei ein solcher Film auf dem freien Markt bei der 3M Company unter der Bezeichnung BEF II 90/50 bezogen werden kann, und der grundierten Seite des Mehrschichtfilms gegossen. Das Harz wurde bei 25 ft/min durch Bestrahlen unter Verwendung einer mit 300 W/Inch arbeitenden Fusion-"D"-UV-Lampe durch den Film hindurch ausgehärtet. Nach dem Herausnehmen des zusammengesetzten Films aus dem Werkzeug wurde die gefurchte Seite des Verbundes mittels der mit 300 W/Inch arbeitenden Fusion-"D"-Lampe in einer Luftatmosphäre bei 25 ft/min bestrahlt. Das axiale Durchlässigkeitspektrum des dichroitischen Spiegelfilms (durchgezogene Linie) und des zusammengesetzten Gegenstandes (Strichlinie) ist in [Fig. 20](#) gezeigt. Der dichroitische Spiegelfilm war teilweise transparent, aber die Hinzufügung der Mikropismen-Strukturoberfläche erhöhte das Reflexionsvermögen des Films.

Beispielgegenstand 3: IR-Reflexionsfilm mit Tripelspiegelrückstrahler

[0123] Es wurde eine Folie mit einem Aufbau ähnlich dem von [Fig. 2](#) hergestellt, indem ein dichroitischer Spiegelfilm auf eine Tripelspiegelrückstrahlungsfolie auf laminiert wurde. Der Spiegelfilm hatte eine relativ geringe Remission (hohe Durchlässigkeit) über den größten Teil des sichtbaren Bereichs bei kleinen Eintrittswinkeln. Der Film hatte des Weiteren ein relativ breites Reflexionsband (etwa 175 nm volle Breite bei halbem Maximum) mit Schwerpunkt im infrarotnahen Bereich bei etwa 850 nm. Das breite Reflexionsband gewährleistet, dass ausgewählte infrarotnahe Wellenlängen, beispielsweise 790–820 nm, durch den Film über einen breiten Bereich von Eintrittswinkeln hinweg reflektiert werden. [Fig. 21A](#) zeigt ein axiales Durchlässigkeitspektrum des Films, und [Fig. 21B](#) zeigt ein Durchlässigkeitspektrum (von dem angenommen wird, dass es sowohl s- als auch p-Polarisierungen enthält) bei einem Eintrittswinkel von 40 Grad. Die Rückstrahlungsfolie hatte die gleiche Tripelspiegelgeometrie wie Rückstrahlungsfolie der Marke Scotchlite™ vom Typ 981, die bei der 3M Company bezogen werden kann, und enthielt eine aufgedampfte Aluminiumbeschichtung auf der Tripelspiegel-Strukturoberfläche. Die Rückstrahlungsfolie enthielt eine Klebeschicht auf der aufgedampften Aluminiumbeschichtung, aber enthielt keine an der Strukturoberfläche heißversiegelte Versiegelungsschicht. Die Verbundfolie enthielt einen Schutzfilm (siehe Schicht 28 in [Fig. 3](#)), die auf den Spiegelfilm laminiert wurde. Bei dem verwendeten Schutzfilm handelte es sich um ElectroCut™-Film vom Typ 1171, zu beziehen bei der 3M Company, der einen Acrylfilm mit einer Acrykleberückseite enthielt. Der Acrylfilm enthält einen gelben Farbstoff, um die Sichtbarkeit der Verbundfolie zu erhöhen. Der Schutzfilm hatte den Zweck, der Verbundfolie eine ausreichende Beständigkeit für Anwendungen im Freien zu verleihen.

[0124] Bei Rückstrahlungsmessungen mit einer Vielzahl von Einstrahlungswinkeln und Ausrichtungswinkeln wurden folgende Ergebnisse gewonnen:

Eintrittswinkel (Grad)	Ausrichtungswinkel (Grad)	Rückstrahlungskoeffizient (Candela je Lux je m ²)
-4	0	2400
-20	0	1590
-20	45	2260
-20	90	2355
-20	135	2232
-40	0	430
-40	45	789
-40	90	990
-40	135	806

[0125] Dieser Beispielgegenstand 3 wurde für Such- und Rettungszwecke konstruiert, wobei der Gegenstand außen an einem Flugzeug angebracht werden soll. Im Fall eines Flugzeugabsturzes tastet ein hoch oben fliegendes Suchflugzeug mit zwei Lasern ab, die mit verschiedenen Wellenlängen arbeiten. Die rückstrahlende/reflektierende Folie an dem abgestützten Flugzeug strahlt dann eine Wellenlänge (eine, bei der der Spiegelfilm durchlässt) zum Suchflugzeug zurück und spiegelreflektiert die andere Wellenlänge (eine, bei der der Spiegelfilm reflektiert) in eine Richtung, die nicht zum Suchflugzeug zurückführt. Die Erfassung von lediglich einer der beiden Wellenlängen (bei einem vorgegebenen Mindestkontrastverhältnis) ist ein eindeutiger Hinweis auf das Vorhandensein des abgestützten Flugzeugs. Durch Verwenden eines Spiegelfilms, der eine hohe Durchlässigkeit im sichtbaren Bereich besitzt, hat die resultierende Folie insofern alle Vorteile einer herkömmlichen Rückstrahlungsfolie, als sie für das menschliche Auge sehr gut sichtbar bleibt. Der Spiegelfilm ist für den gewöhnlichen Betrachter "transparent". Eine Anbringung an andere Objekte als Flugzeuge, wie beispielsweise Bekleidung, Rettungswesten und so weiter, wird ebenfalls in Betracht gezogen.

[0126] Dieser Beispielgegenstand 3 ist Alternativen überlegen, die eine Wellenlängenunterscheidung mittels IR-absorbierender Farbstoffe, die bei Feuchtigkeitseinwirkung instabil sind, oder mittels aufgedampfter dielektrischer Stapel erreichen, die teuer sind und eine schlechte Eintrittswinkellage haben.

[0127] Es werden nun die Herstellungsdetails des Spiegelfilms besprochen. Bei dem Spiegelfilm handelte es sich um einen Mehrschichtfilm mit etwa 417 Schichten, der auf einer sequenziellen Flachfilmherstellungstrecke mittels eines Koextrusionsverfahrens hergestellt wurde. Dieser mehrschichtige Polymerfilm wurde aus PEN und PETG 6763 (bei der Eastman Chemical Co. zu beziehen) hergestellt. Es wurde ein Verteilerblockverfahren (wie beispielsweise das, was im US-Patent Nr. 3,801,429 beschrieben ist) verwendet, um etwa 209 Schichten mit einem ungefähr linearen Schichtdickengradienten vom Schicht zu Schicht durch das Extrudat hindurch zu erzeugen. Polyethylenaphthalat (PEN – 60 Gewichts-% Phenol/40 Gewichts-% Dichlorbenzen) mit einer Grenzviskositätszahl (GVZ) von 0,48 dl/g wurde dem Verteilerblock über einen Extruder mit einer Rate von 37,9 kg/h zugeführt. Das PETG wurde dem Verteilerblock über einen zweiten Extruder mit einer Rate von 40,4 kg/h zugeführt.

[0128] Der Verteilerblock, der zur Herstellung des Films für dieses Beispiel verwendet wurde, war dafür ausgelegt, eine lineare Schichtdickenverteilung mit einem Verhältnis von 1,5:1 zwischen der dicksten zur dünnsten Schicht unter isothermischen Bedingungen zu erbringen.

[0129] Nach dem Verteilerblock gab derselbe PEN-Extruder PEN als schützende Grenzschichten (SGSs, mit der gleichen Dicke auf beiden Seiten des Schmelzenstromes der optischen Schichten) in den Schmelzenstrom mit etwa 23 kg/h ab. Der Materialfluss passierte dann einen asymmetrischen Zweifach-Vervielfacher mit einem Vervielfachungsverhältnis von etwa 1,50. Das Vervielfachungsverhältnis ist definiert als die durchschnittliche Schichtdicke von Schichten, die in dem Hauptkanal hergestellt wurden, geteilt durch die durchschnittliche Schichtdicke von Schichten im Nebenkanal. Jede Gruppe aus 209 Schichten hat das ungefähre Schichtdickenprofil, das durch den Verteilerblock erzeugt wurde, wobei die Gesamtdickenskalierungsfaktoren durch das Vervielfacherdesign und die Filmextrusionsraten bestimmt werden. Die dünnsten Schichten des gesamten Stapels wurden so gestaltet, dass sie Strahlung mit 810 nm bei senkrechtem Einfall reflektieren.

[0130] Nach dem Vervielfacher wurde eine dicke symmetrische SGS (Überzugsschicht) mit etwa 34,5 kg/h über einen dritten Extruder hinzugefügt. Dann passierte der Materialstrom eine Filmdüse und floss auf eine wassergekühlte Gießtrommel, wobei die Einlasswassertemperatur etwa 7° Celsius betrug. Die PETG-Schmelzenverarbeitungs-ausrüstung wurde bei etwa 250°C gehalten; die PEN-Schmelzenverarbeitungs-ausrüstung wurde bei etwa 285°C gehalten; und der Verteilerblock, der Vervielfacher und die Düse wurden ebenfalls bei etwa 285°C gehalten.

[0131] Ein Hochspannungs-Anheftungssystem wurde verwendet, um das Extrudat an der Gießtrommel anzuheften. Der Heftdraht war etwa 0,17 mm dick, und es wurde eine Spannung von etwa 5,5 kV angelegt. Der Heftdraht wurde manuell durch einen Arbeiter etwa 3 bis 5 mm von der Bahn entfernt am Punkt des Kontakts mit der Gießtrommel so positioniert, dass sich ein glattes Erscheinungsbild der Gießbahn ergab. Die Gießbahn wurde kontinuierlich durch herkömmliche sequenzielle Längsorientierungseinrichtungen (LO) und Querspannungseinrichtungen orientiert.

[0132] Die Bahn wurde auf ein Reckverhältnis von 3,3 bei etwa 130°C längsorientiert. Der Film wurde in etwa 28 Sekunden auf etwa 138°C in der Querspannvorrichtung vorgewärmt und bei 140°C in Querrichtung auf ein Reckverhältnis von etwa 5,5 mit einer Rate von etwa 15% je Sekunde gereckt. Der Film wurde dann etwa 24 Sekunden lang bei etwa 227°C heißfixiert. Die Geschwindigkeit der Gießtrommel wurde auf eine exakte Steuerung der endgültigen Filmdicke und somit der endgültigen Wellenlängenauswahl des Reflektors eingestellt. Der fertige Film hatte eine Enddicke von etwa 0,10 mm.

Beispielgegenstand 4: Mehrschichtpolarisator auf einem Tripelspiegelnückstrahler

[0133] Die Markteinführung polarisierter Scheinwerfer in Kraftfahrzeugen stellt die Hersteller von Rückstrahlungsfolien für Verkehrsschilder vor neue Herausforderungen. Es kommt zu einem Problem, wenn das Scheinwerferlicht durch die Folie entpolarisiert wird und anschließend die Helligkeit des Strahls, der durch das Visier oder die Windschutzscheibe des Fahrers zurückgestrahlt wird, abgeschwächt wird. Sowohl Tripelspiegelfolien als auch Perlenfolien neigen dazu, die Polarisation von einfallendem Licht zu verwürfeln, wobei linear polarisiertes Licht in elliptisch polarisiertes Licht umgewandelt wird.

[0134] Eine mögliche Lösung besteht darin, einen mehrschichtigen Polarisatorfilm auf die Rückstrahlungsschicht, wie in [Fig. 2](#) zu sehen, aufzulaminieren, wobei die Durchlassachse des Polarisatorfilms so ausgerichtet ist, dass sie auf die Polarisierungsrichtung entgegenkommender Scheinwerfer abgestimmt ist. Auf diese Weise wird alles einfallende Licht vom Scheinwerfer zur Rückstrahlungsfolie durchgelassen, aber nicht das gesamte Licht tritt beim ersten Durchgang wieder aus. Nur die Komponente, die immer noch parallel zur Durchlassachse verläuft, kehrt zur Quelle zurück. Der Rest tritt erneut in die Rückstrahlungsschicht ein und wird erneut zurückgestrahlt, wo auch wieder ein Teil austritt. Bei den geringen Verlusten sowohl im Mehrschichtpolarisatorfilm als auch in Tripelspiegelnückstrahlungsfolie setzt sich die Rückführung mit etwa 90% des Lichts fort, das zurückgestrahlt wird und die richtige Polarisierung hat. Durch Laminieren eines polymeren Polarisatorfilms auf handelsübliche Diamond Grade™-Folie von der 3M Company wurde eine Probe hergestellt. Die Probe wurde unmittelbar neben einem unlaminieren Stück Diamond Grade™-Folie mit einem Blitzlicht aus einer Entfernung von 10 Fuß betrachtet. Bei einem unpolarisierten Blitzlicht war die laminierte Probe deutlich dunkler als erwartet. Bei einer polarisierten Lichtquelle war die laminierte Probe nur geringfügig dunkler als die unlaminierete Probe. Betrachtete man denselben Aufbau durch einen Polarisator, so war die laminierte Probe heller.

[0135] Bei Ausführungsformen, die zu den in der vorliegenden Anmeldung beschriebenen Ausführungsformen Alternativen darstellen, kann die Klasse reflektierender Polarisatoren und Spiegel verwendet werden, die nicht aus den oben besprochenen mehrschichtigen Polymerfilmen, sondern aus optischen Mischfilmen bestehen. Bei einem typischen Mischfilm wird eine Mischung aus wenigstens zwei verschiedenen Materialien verwendet. Es kann eine Nichtübereinstimmung bei den Brechungsindizes der zwei oder mehr Materialien entlang einer bestimmten Achse verwendet werden, um zu bewirken, dass einfallendes Licht, das entlang dieser Achse polarisiert wird, im Wesentlichen gestreut wird, was zu einer starken Reflexion führt. Einfallendes Licht, das in der Richtung einer Achse polarisiert wird, in der die Brechungsindizes der zwei oder mehr Materialien aufeinander abgestimmt sind, wird mit einem weit geringeren Streuungsgrad durchgelassen. Durch Steuern der relativen Brechungsindizes der Materialien lassen sich eine Vielzahl optischer Vorrichtungen herstellen, einschließlich reflektierender Polarisatoren, Spiegel und dergleichen. Mischfilme können eine Anzahl unterschiedlicher Formen annehmen. Beispielsweise kann die Mischung aus einer dispersen Phase innerhalb einer zusammenhängenden Phase hergestellt werden oder kann aus ko-zusammenhängenden Phasen hergestellt werden. Die allgemeine Herstellung und die allgemeinen optischen Eigenschaften verschiedener Mischfilme sind in der PCT-Schrift WO 97/32224 mit dem Titel "Diffusely Reflecting Polarizing Element Including a First

Birefringent Phase and a Second Phase" und in der PCT-Schrift WO 97/32223 mit dem Titel "Optical Film with Co-Continuous Phases" eingehender besprochen.

Glossar bestimmter Termini

[0136] Bezugspunktmarke: Eine Marke (sei sie real oder hypothetisch) auf einem reflektierenden Gegenstand, die als Bezug zum Anzeigen der Orientierung um die Bezugsachse herum dient.

[0137] Eintrittswinkel: Der Winkel zwischen der Beleuchtungsachse und der Bezugsachse.

[0138] Eintrittshalbebene: Eine Halbebene, die auf der Bezugsachse entspringt und die Beleuchtungsachse beinhaltet.

[0139] Eintrittsebene: Eine Ebene, welche die Eintrittshalbebene enthält.

[0140] f-Verhältnis: Der relative Beitrag einer bestimmten individuellen Schicht zur optischen Gesamtdicke einer bestimmten OWE. Das f-Verhältnis für die k-te individuelle Schicht ist:

$$f_k = \frac{n_k \cdot d_k}{\sum_{m=1}^N n_m \cdot d_m},$$

wobei $1 \leq k \leq N$, wobei N die Anzahl der einzelnen Schichten in der OWE ist, wobei n_k (n_m) der relevante Brechungsindex der k-ten (n-ten) Schicht ist und d_k (d_m) die physikalische Dicke der Schicht k(m) ist. Das f-Verhältnis einer Schicht k entlang einer vorgegebenen optischen Achse j wird als f_{jk} bezeichnet und ist wie oben definiert, wobei jedoch n_k (n_m) der Brechungsindex der Schicht k (m) entlang der Achse j ist.

[0141] Teilbandbreite: Die volle spektrale Breite (in Längeneinheiten wie beispielsweise nm) bei der Hälfte der maximalen Höhe (d. h. der halben Amplitude) des Bandes, geteilt durch die Schwerpunktwellenlänge des Bandes (welche die volle spektrale Breite gabelt).

[0142] Beleuchtungsachse: Ein Liniensegment, das sich zwischen der Bezugsmittle und der Beleuchtungsquelle erstreckt.

[0143] Licht: Elektromagnetische Strahlung, sei es im sichtbaren, ultravioletten oder infraroten Teil des Spektrums.

[0144] Betrachtungswinkel: Der Winkel zwischen der Beleuchtungsachse und der Betrachtungsachse.

[0145] Betrachtungsachse: Ein Liniensegment, das sich zwischen der Bezugsmittle und einem ausgewählten Betrachtungspunkt erstreckt.

[0146] Optische Wiederholungseinheit ("OWE"): Ein Stapel aus wenigstens zwei einzelnen Schichten, der sich über die Dicke eines optischen Mehrschichtfilms hinweg wiederholt, auch wenn entsprechende Wiederholungsschichten nicht die gleiche Dicke haben müssen.

[0147] Optische Dicke: Die physikalische Dicke eines bestimmten Körpers multipliziert mit seinem Brechungsindex. Im Allgemeinen ist dies eine Funktion von Wellenlänge und Polarisation.

[0148] Orientierungswinkel: Der Kantenwinkel zwischen der Eintrittshalbebene und einer Halbebene, die auf der Bezugsachse entspringt und die Bezugsmarke enthält.

[0149] Prozentuale Remission: Eine dimensionslose Quantität gleich dem Verhältnis der optischen Leistung (beispielsweise in Milliwatt) von Licht, das von einem bestimmten Objekt spiegelreflektiert wird, geteilt durch die optische Leistung von Licht, das auf das Objekt auftrifft, für einen kollimierten einfallenden Lichtstrahl mit einer bestimmten Wellenlänge. Mitunter einfach zu "Remission" verkürzt.

[0150] Prozentuale Durchlässigkeit: Eine dimensionslose Quantität gleich dem Verhältnis der optischen Leistung (beispielsweise in Milliwatt) von Licht, das durch ein bestimmtes Objekt durchgelassen wird, geteilt durch

die optische Leistung von Licht, das auf das Objekt auftrifft, für einen kollimierten einfallenden Lichtstrahl mit einer bestimmten Wellenlänge. Mitunter einfach zu "Durchlässigkeit" verkürzt.

[0151] Bezugsachse: Ein Liniensegment, das sich von der Bezugsmitte aus vom reflektierenden Gegenstand fort erstreckt und das gewöhnlich senkrecht zum reflektierenden Gegenstand an der Bezugsmitte verläuft.

[0152] Bezugsmitte: Ein Punkt auf oder nahe einem reflektierenden Gegenstand, der als die Mitte des Gegenstandes bezeichnet wird, um seine Leistung zu spezifizieren.

[0153] Remissionsband: Ein spektraler Bereich von relativ hoher Reflexionskraft, der beidseitig durch Bereiche relativ geringer Reflexionskraft begrenzt ist.

[0154] Überzugsschicht: Eine Schicht, die als eine Außenschicht für einen optischen Mehrschichtfilm aufgebracht wird und in der Regel eine physikalische Dicke zwischen 10% und 20% der Summe der physikalischen Dicke aller OWEs dieses Mehrschichtfilms aufweist.

[0155] Durchlässigkeitsband: Ein spektraler Bereich von relativ hoher Durchlässigkeit, der durch spektrale Bereiche mit relativ geringer Durchlässigkeit begrenzt ist.

[0156] Sichtbares Licht: Licht, das mit dem bloßen menschlichen Auge erkannt werden kann und im Allgemeinen im Wellenlängenbereich von etwa 400 bis 700 nm liegt.

[0157] Obgleich die vorliegende Erfindung anhand bevorzugter Ausführungsformen beschrieben wurde, erkennt der Fachmann, dass Änderungen in Form und Detail vorgenommen werden können, ohne den Geltungsbereich der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

1. Reflektierender Gegenstand (**10, 30, 30', 46, 62**), der eine Vorderseite und eine Rückseite aufweist, aufweisend einen dichroitischen Reflektor (**12, 50, 64, 120**) und eine rückreflektierende Schicht (**14, 38, 40, 48, 66**), der dichroitische Reflektor aufweisend abwechselnde Schichten (A, B), die dazu geeignet sind, ein relativ hohes Reflexionsvermögen für normal einfallendes Licht innerhalb eines ersten Wellenlängenbereichs, und ein relativ niedriges Reflexionsvermögen für normal einfallendes Licht innerhalb eines zweiten Wellenlängenbereichs aufzuweisen, **dadurch gekennzeichnet**, dass

der dichroitische Reflektor (**12, 50, 64, 120**) im Wesentlichen flach und in der Nähe der und parallel zur Vorderseite des Gegenstandes (**10, 30, 30', 46, 62**) angeordnet ist;

die abwechselnden Schichten (A, B) mindestens aus einem ersten und einem zweiten Polymer bestehen; und die rückreflektierende Schicht (**14, 38, 40, 48, 66**) betrachtet von der Vorderseite des Gegenstandes hinter dem dichroitischen Reflektor angeordnet ist.

2. Gegenstand nach Anspruch 1, wobei mindestens die ersten Polymerschichten doppelbrechend sind.

3. Gegenstand nach Anspruch 2, wobei über einen Wellenlängenbereich, der von Interesse ist, mindestens zwei aneinander liegende Schichten im Reflektor entlang einer Achse (z) im rechten Winkel zu einer Ebene des Reflektors Brechungsindizes, die sich um nicht mehr als 50% von der maximalen Brechungsindexdifferenz in der Ebene zwischen den beiden aneinander liegenden Schichten unterscheiden, aufweisen.

4. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das erste Polymer aus der Gruppe bestehend aus Polyethylenaphthalat sowie Copolymeren und Mischungen davon auf der Basis von Naphthalindicarbonsäure; Polyethylenterephthalat sowie Copolymeren und Mischungen davon auf der Basis von Terephthalsäure; Polybutylenaphthalat sowie Copolymeren und Mischungen davon auf der Basis von Naphthalindicarbonsäure; und Polybutylenterephthalat sowie Copolymeren und Mischungen davon auf der Basis von Terephthalsäure ausgewählt ist.

5. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der dichroitische Reflektor mehrere Polymerschichten aufweist, die optische Wiederholeinheiten (ORUs) mit entsprechenden optischen Dicken definieren, wobei die ORUs in einer Reihe abnehmender optischer Dicke entlang einer gegebenen Richtung angrenzend an eine Reihe nicht abnehmender optischer Dicke angeordnet sind.

6. Gegenstand nach Anspruch 5, wobei mindestens eine der Reihen von ORUs ein optisches Dickenprofil

mit einer zweiten Nichtnull-Ableitung aufweist.

7. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der zweite Wellenlängenbereich den Großteil des Bereichs von 400 bis 700 Nanometer umfasst.

8. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Wellenlängenbereich eine Reflexionsbande aufweist, die eine Halbwertsbreite von mindestens 50 nm aufweist.

9. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die mehrschichtige Polymerfolie eine Absorption von nicht mehr als ungefähr 1% über den ersten und zweiten Wellenlängenbereichen aufweist.

10. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste und der zweite Wellenlängenbereich unterbrochen und vermascht sind, um eine Folge von Reflexions- und Übertragungsbändern zu definieren.

11. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Reflektor aus der Gruppe bestehend aus einem Polarisator und einem Spiegel ausgewählt ist.

12. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die rückreflektierende Schicht ein Rückreflexionsvermögen in mindestens einer Einfallsebene, jedoch kein Rückreflexionsvermögen in mindestens einer anderen Einfallsebene aufweist.

13. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die rückreflektierende Schicht eine strukturierte Oberfläche aufweist, die Formen aufweist, die aus der Gruppe bestehend aus Cube-Corner-Elementen, linearen Prismen und Pyramiden ausgewählt sind.

14. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die rückreflektierende Schicht einen gesickten Überzug aufweist.

15. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren aufweisend eine Schutzfolie, die den dichroitischen Reflektor überdeckt.

16. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, des Weiteren aufweisend eine Klebeschicht, die von der rückreflektierenden Schicht getragen ist, an der Rückseite des Gegenstands.

17. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Gegenstand im Wesentlichen undurchlässig ist.

18. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der dichroitische Reflektor mit der rückreflektierenden Schicht verbunden ist oder wobei mindestens ein Abschnitt der rückreflektierenden Schicht auf den dichroitischen Reflektor gegossen und auf diesem ausgehärtet ist.

19. Gegenstand nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die rückreflektierende Schicht einen glänzenden, rückreflektierenden Cube-Corner-Überzug aufweist.

Es folgen 21 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

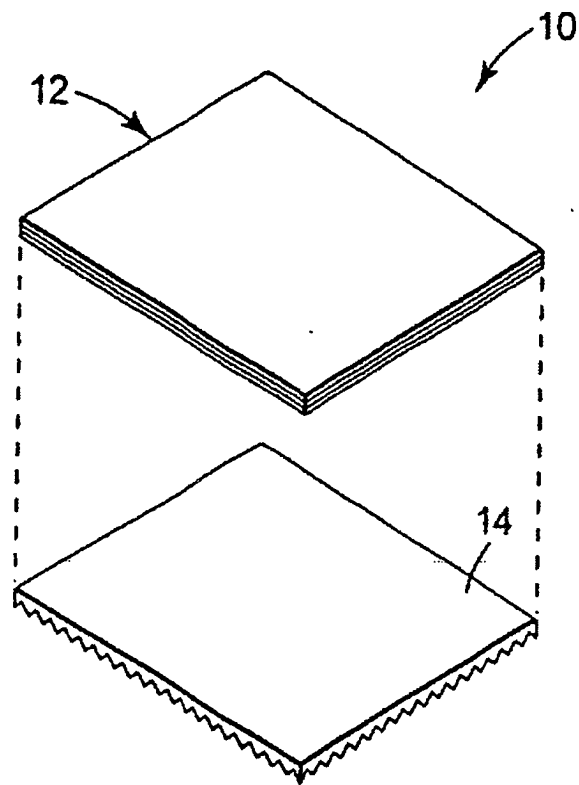


Fig. 1

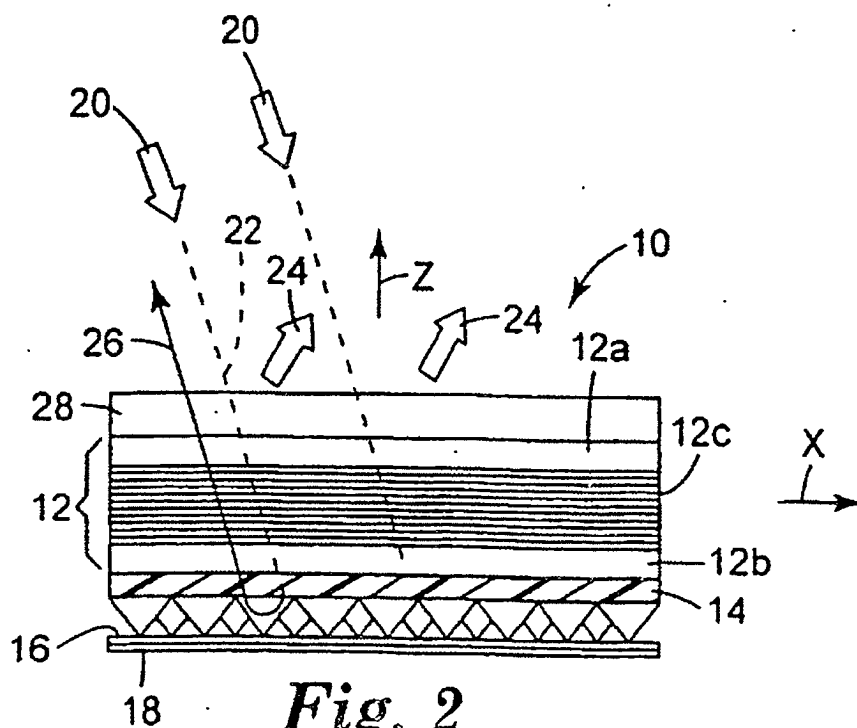


Fig. 2

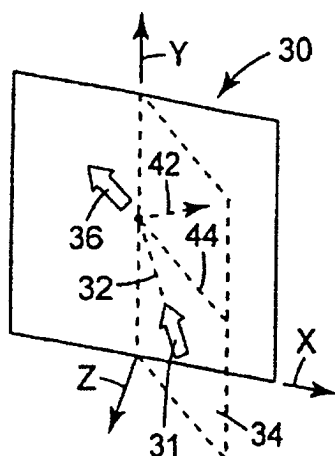


Fig. 3A

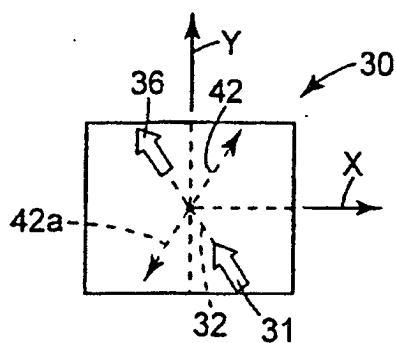


Fig. 3B

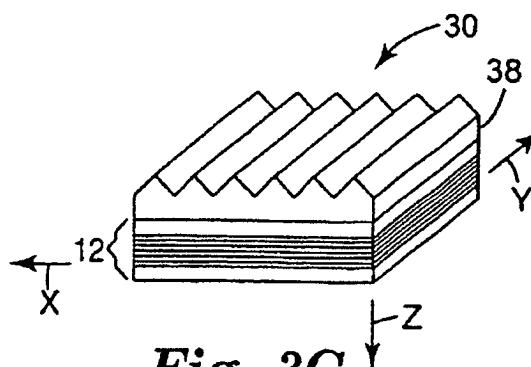


Fig. 3C

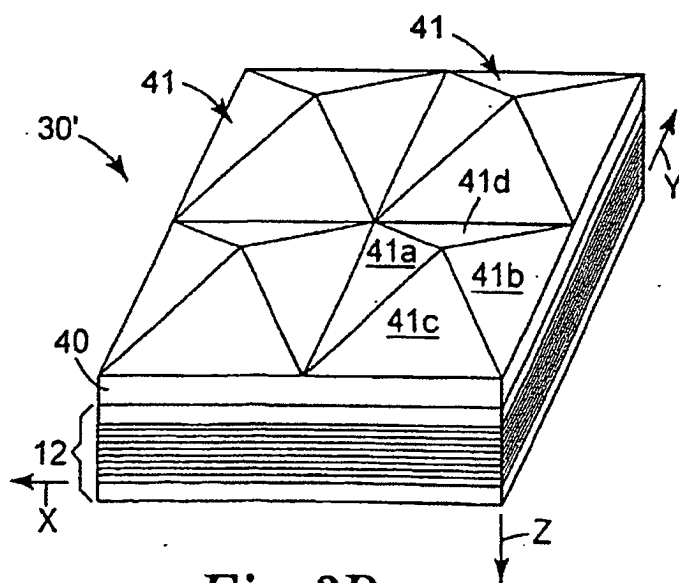


Fig. 3D

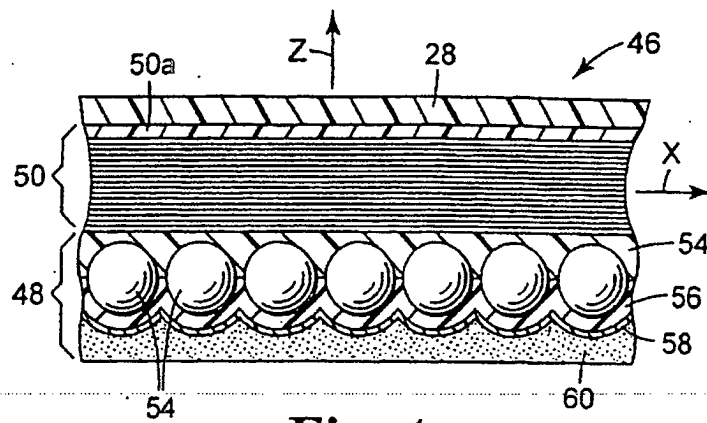


Fig. 4

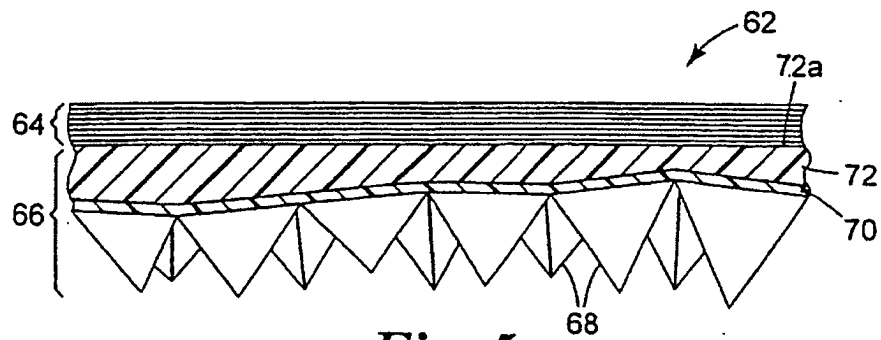


Fig. 5

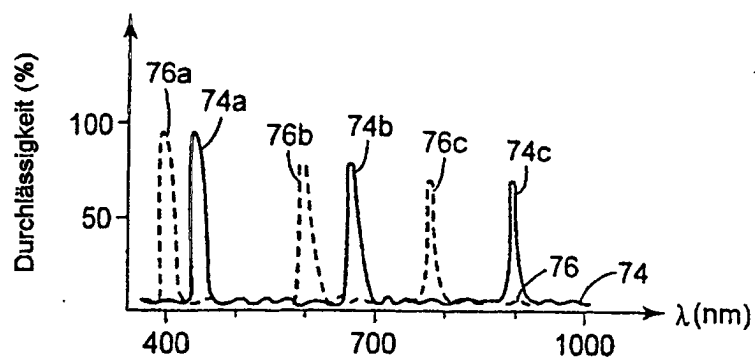


Fig. 6

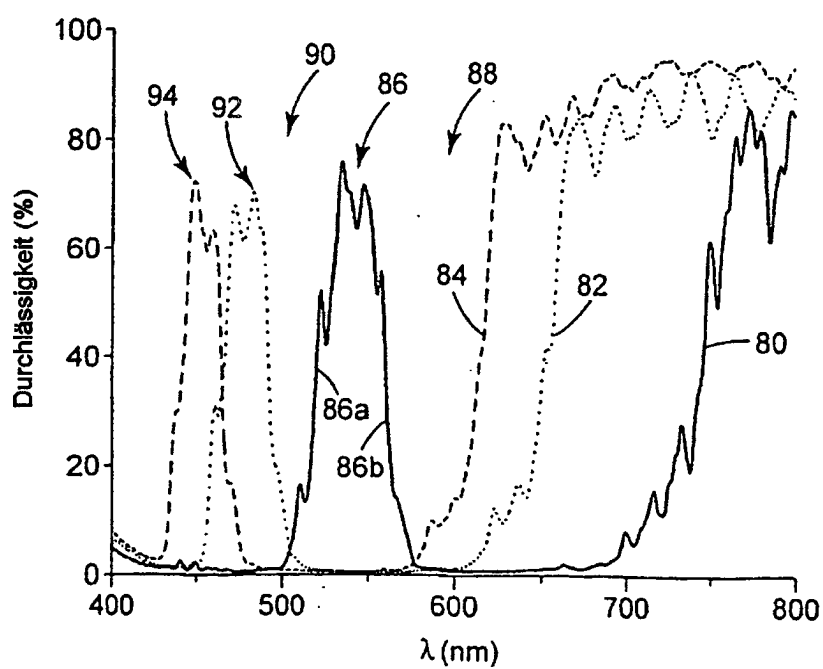


Fig. 7

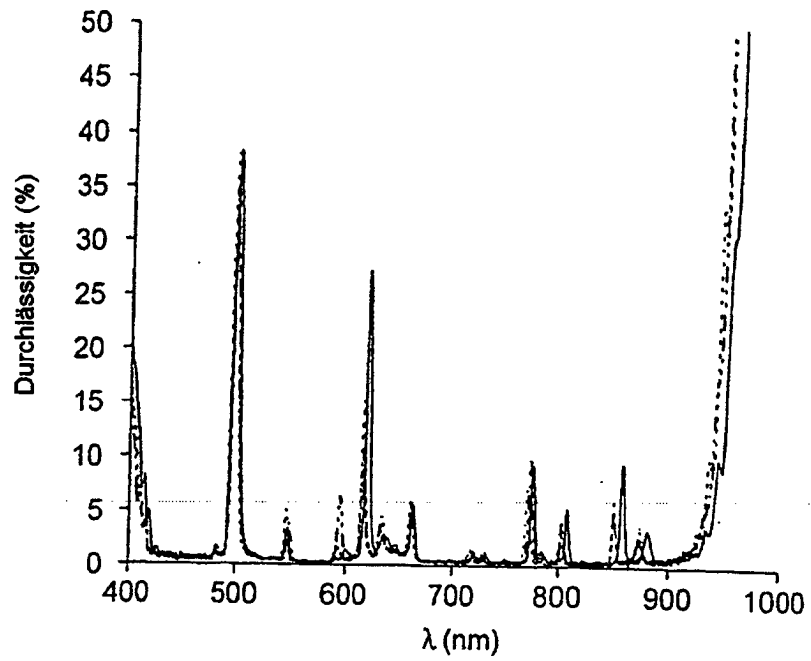


Fig. 8A

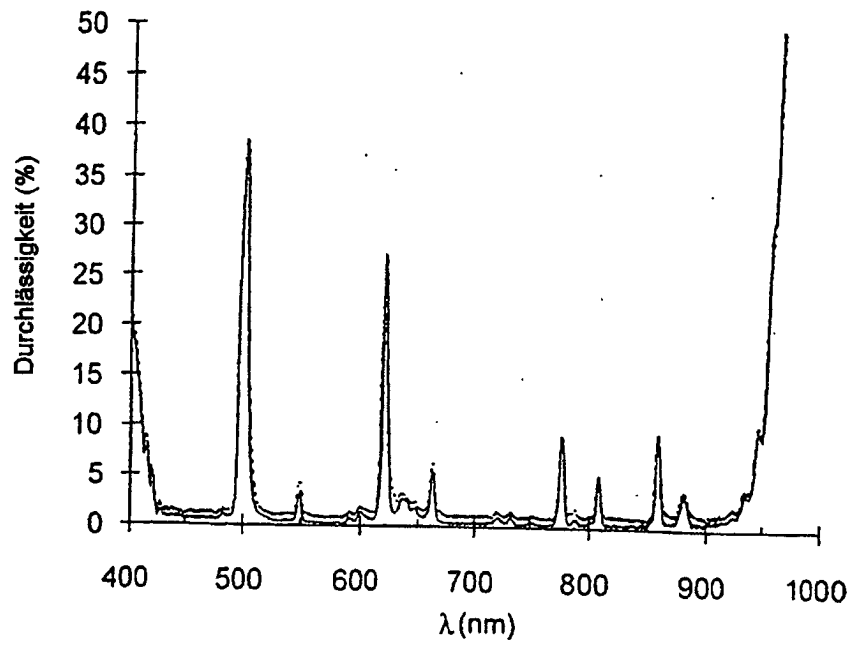


Fig. 8B

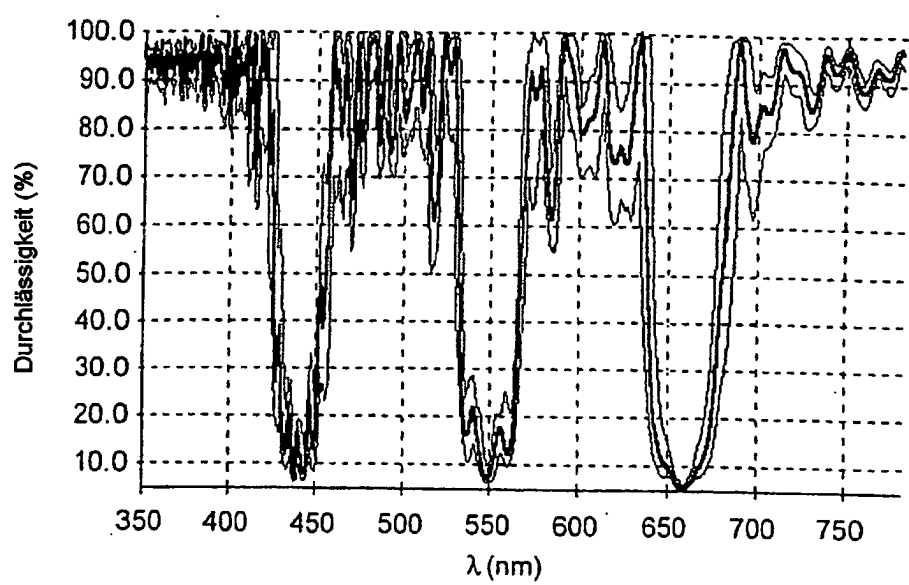


Fig. 9A

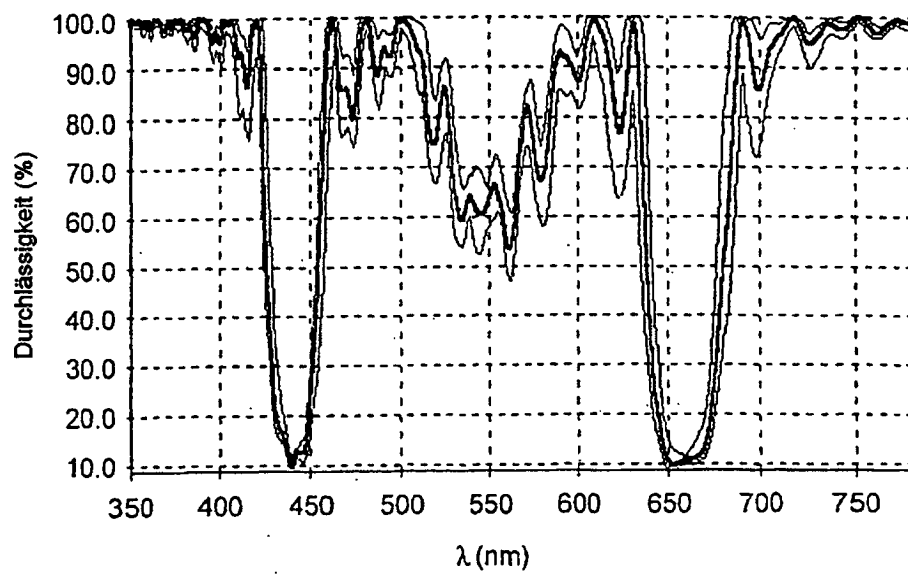


Fig. 9B

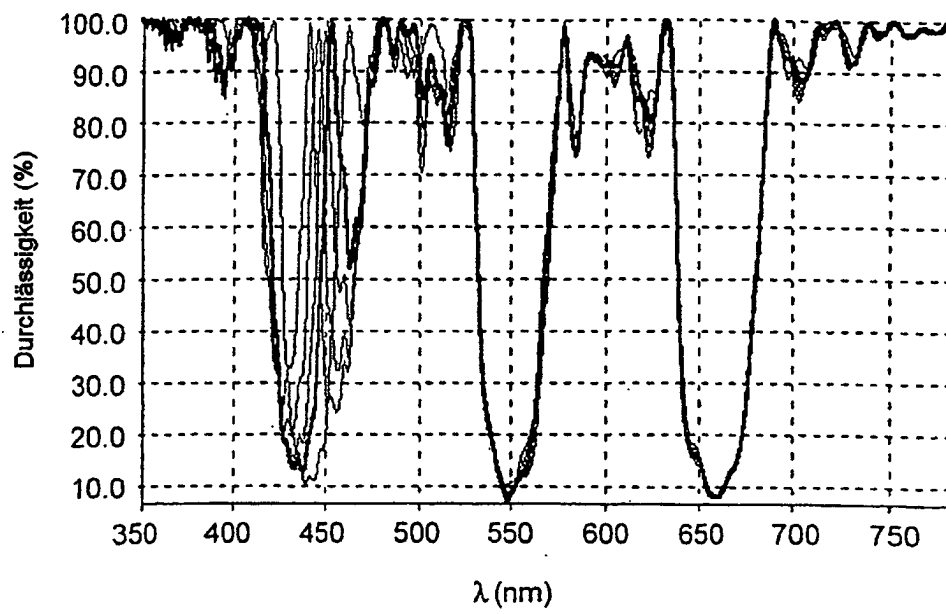


Fig. 9C

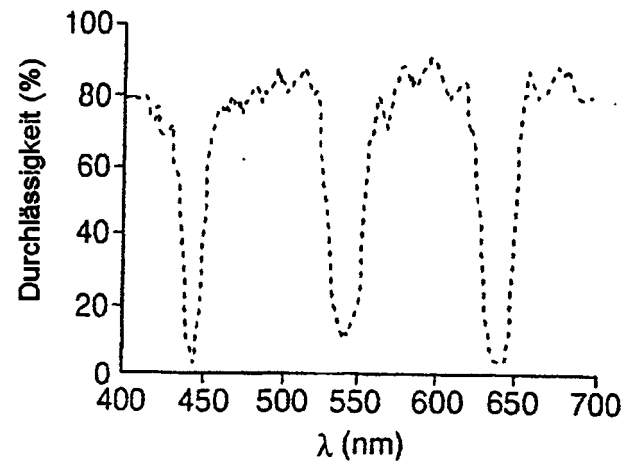


Fig. 10A

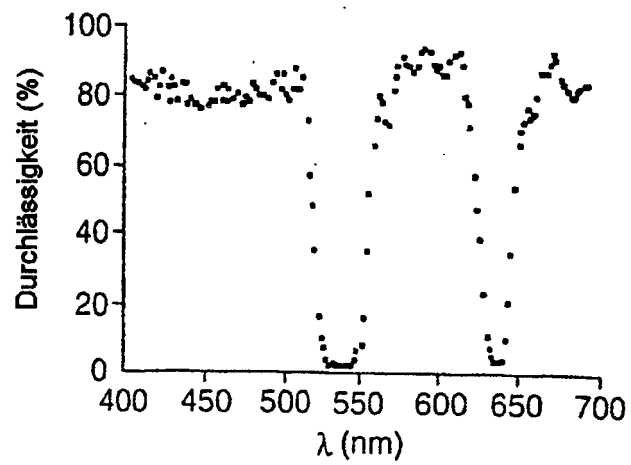


Fig. 10B

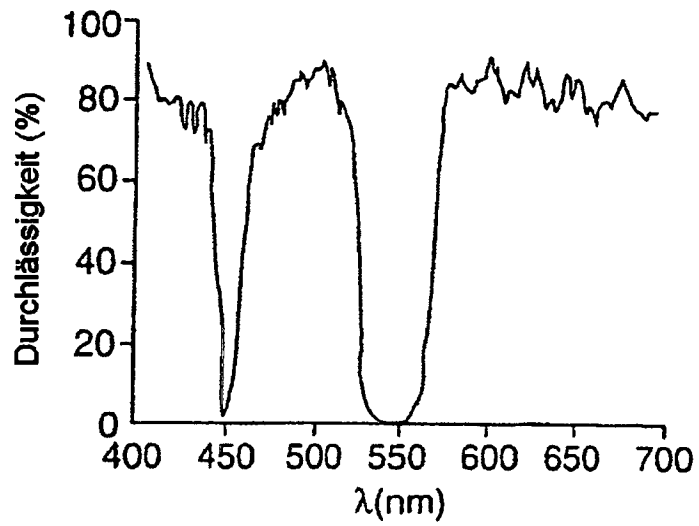


Fig. 10C

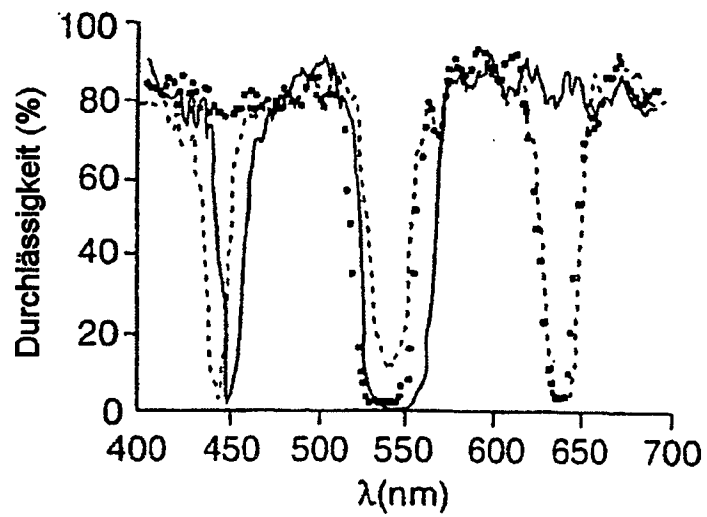


Fig. 10D

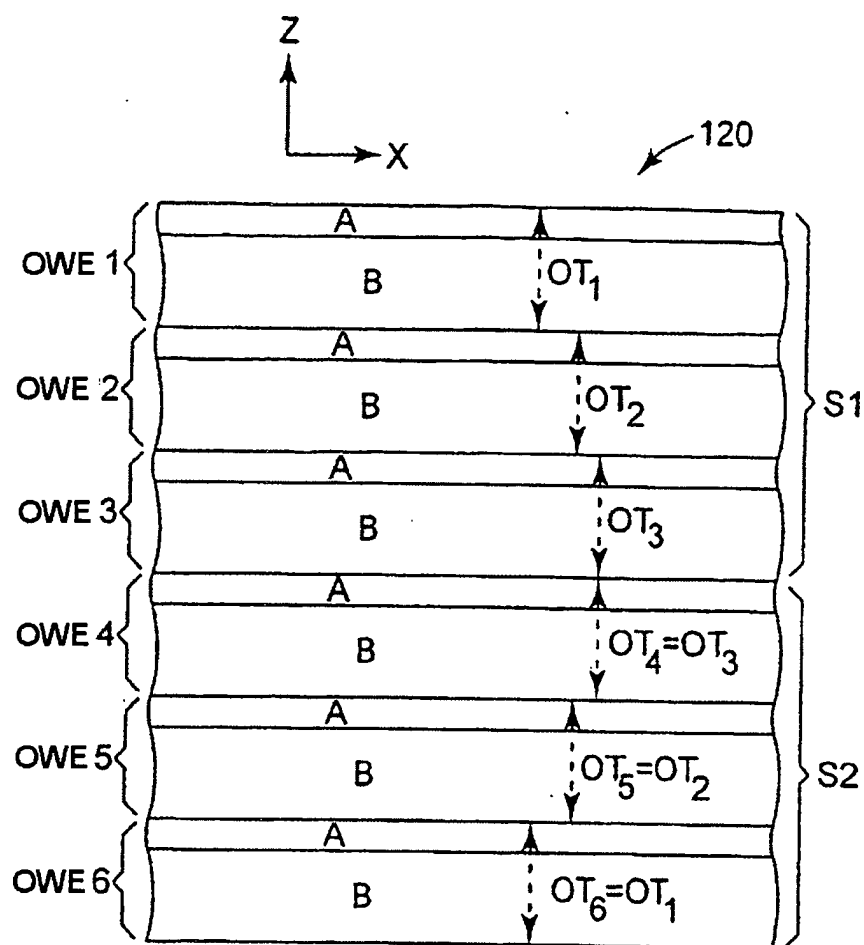


Fig. 11A

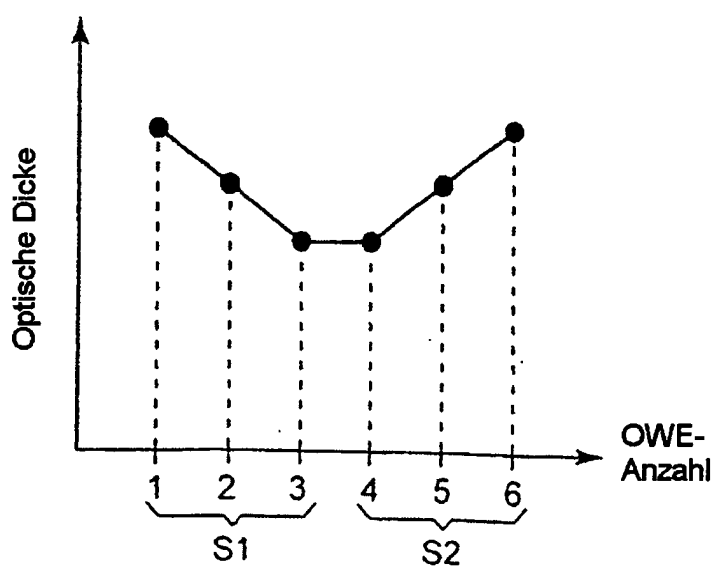


Fig. 11B

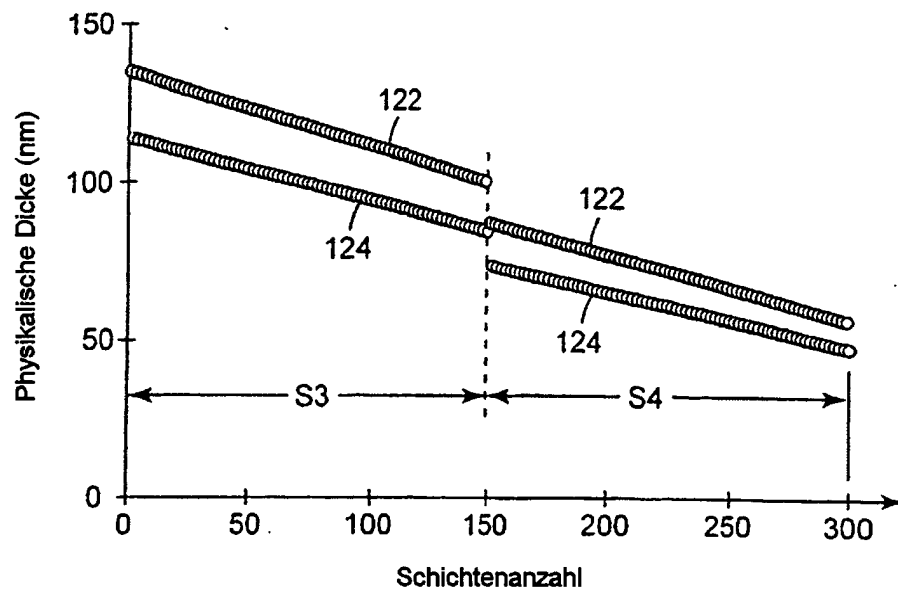


Fig. 12A

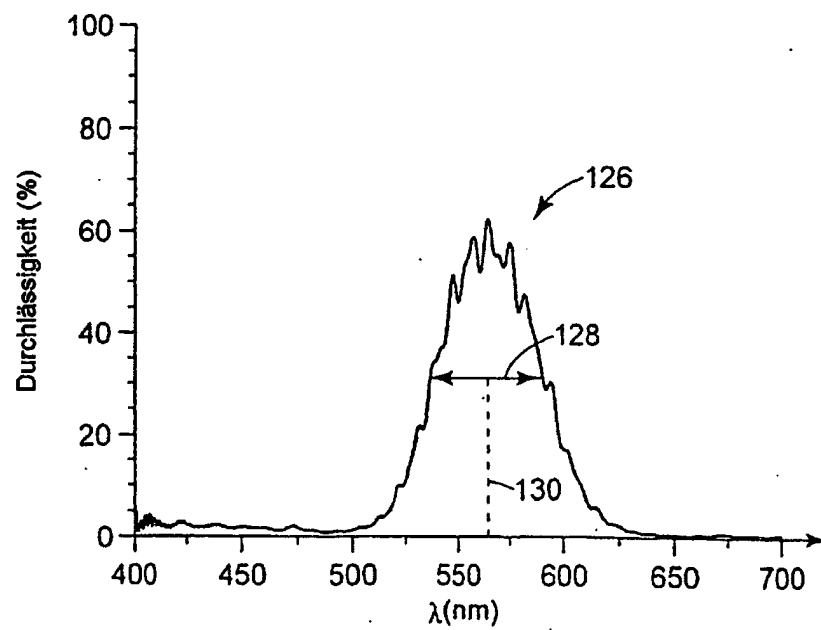


Fig. 12B

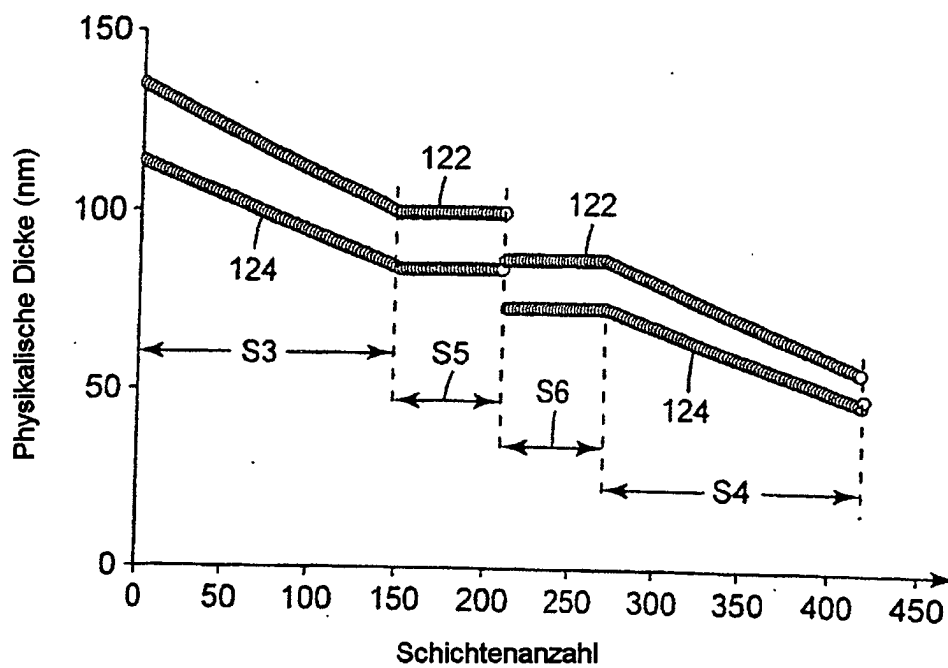


Fig. 13A

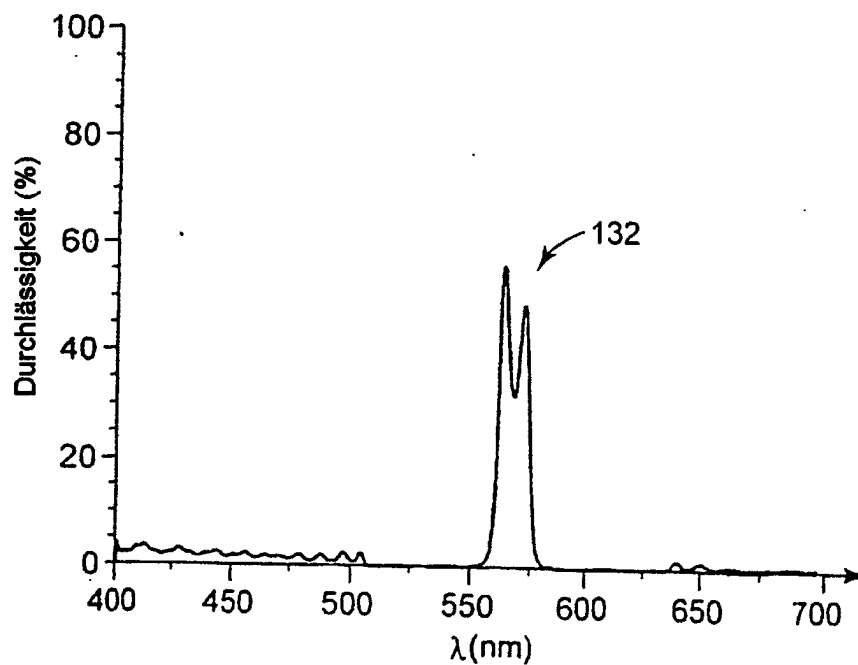


Fig. 13B

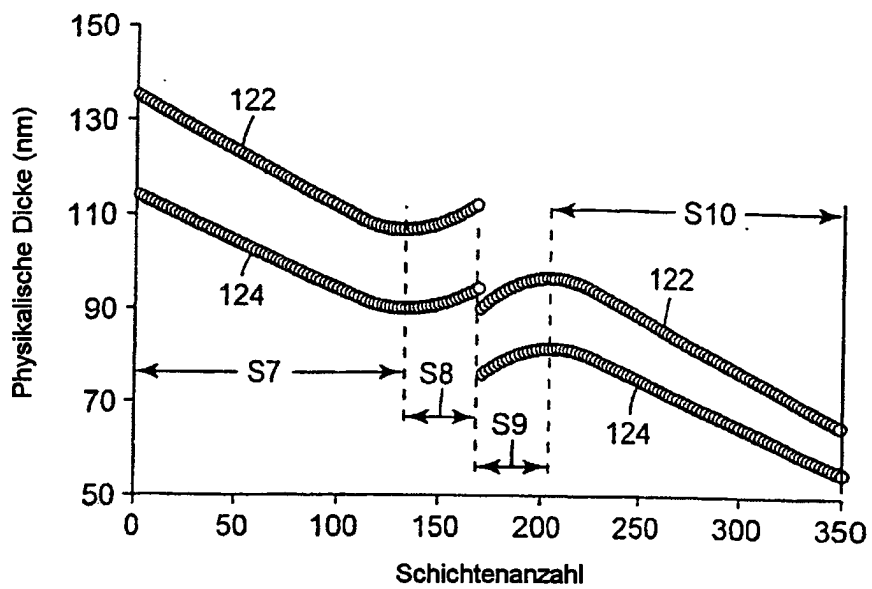


Fig. 14A

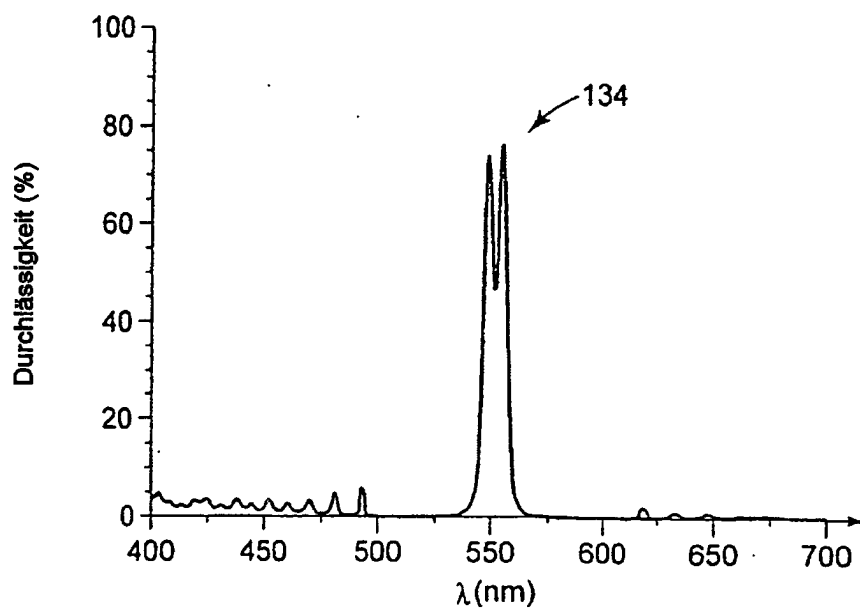


Fig. 14B

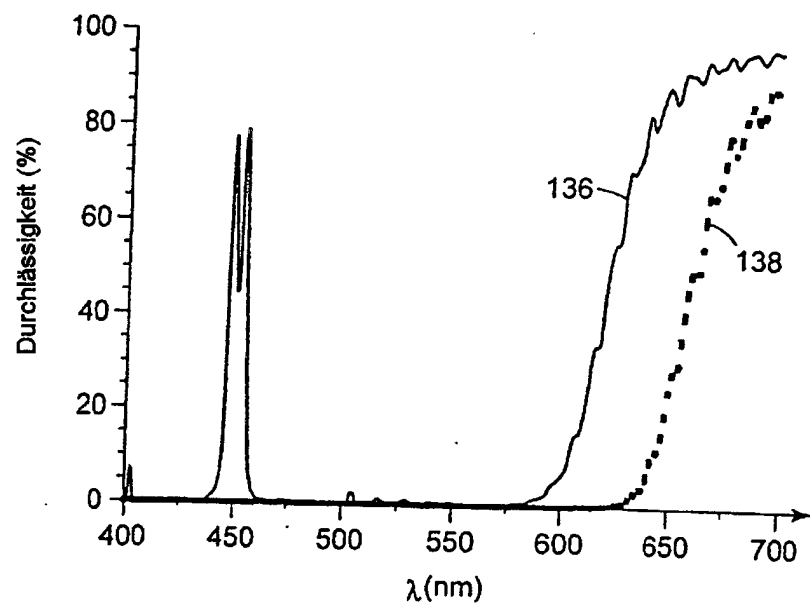


Fig. 14C

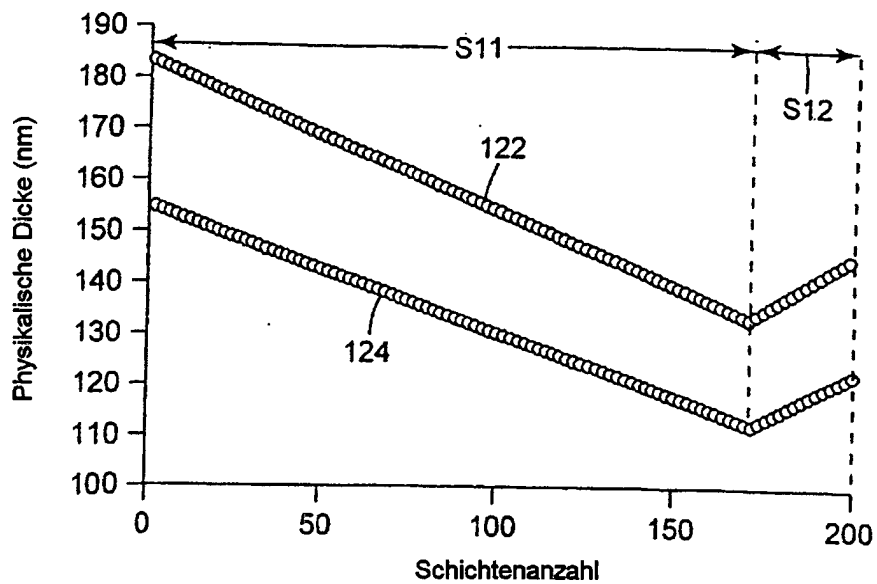


Fig. 15A

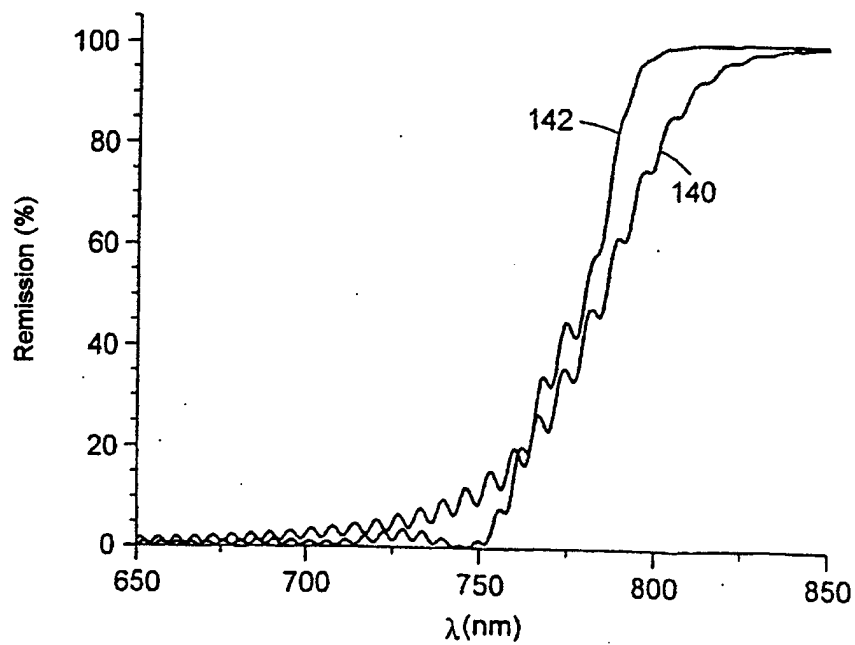


Fig. 15B

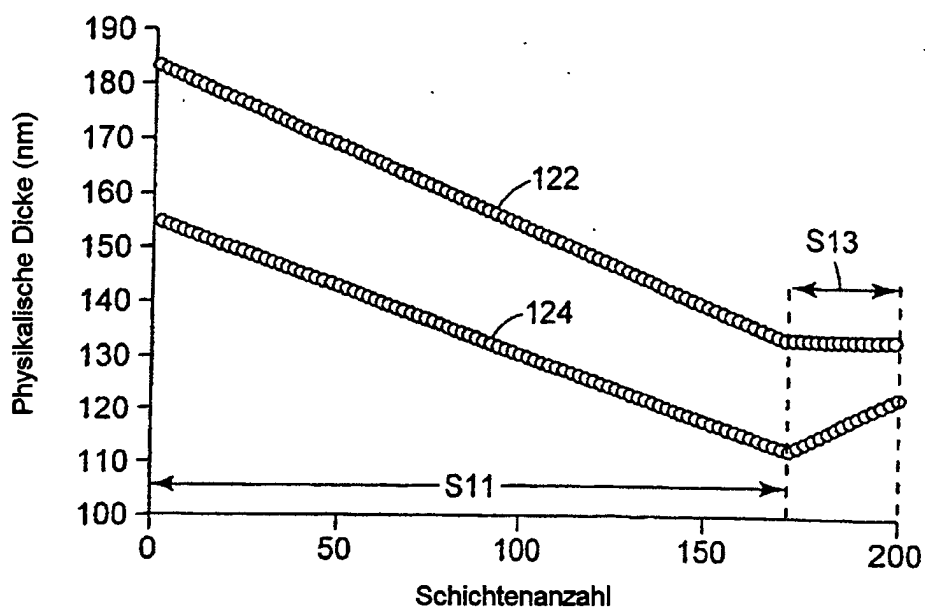


Fig. 16A

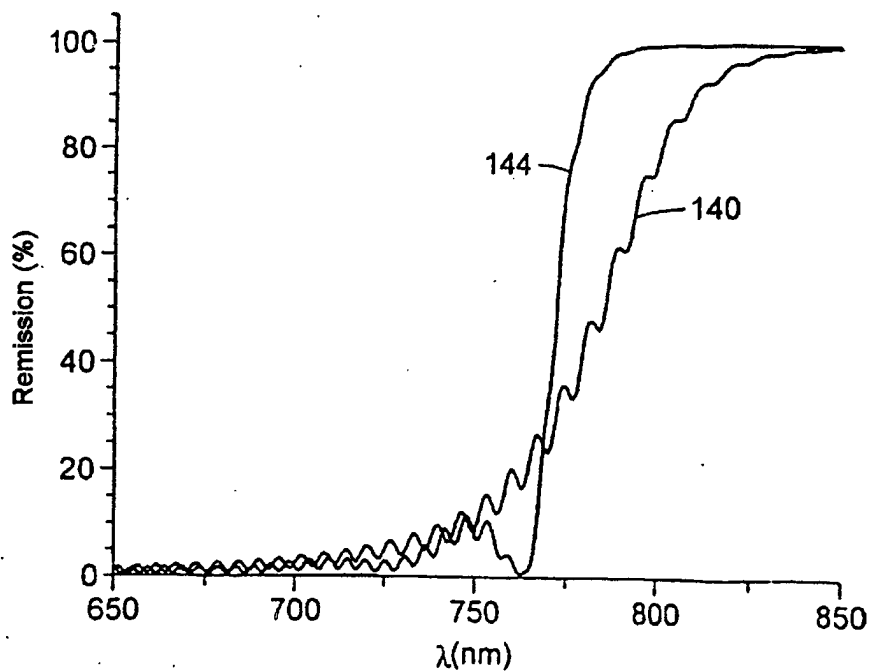


Fig. 16B

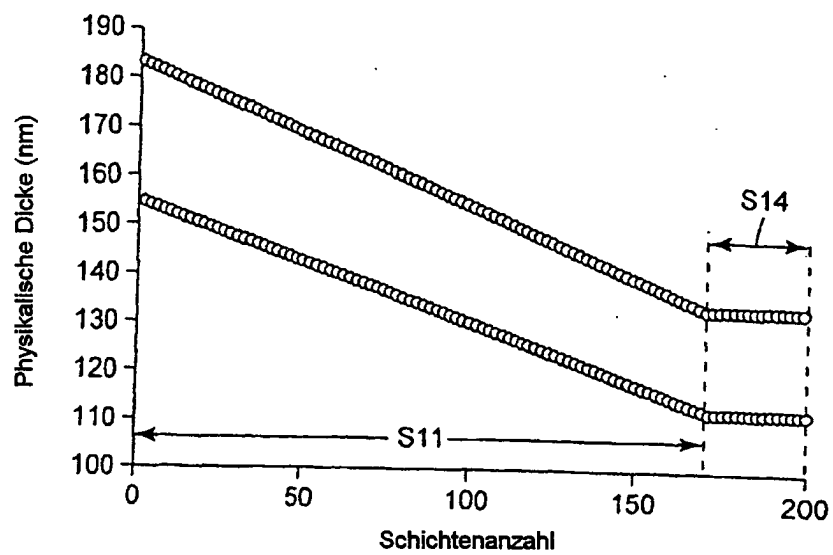


Fig. 17A

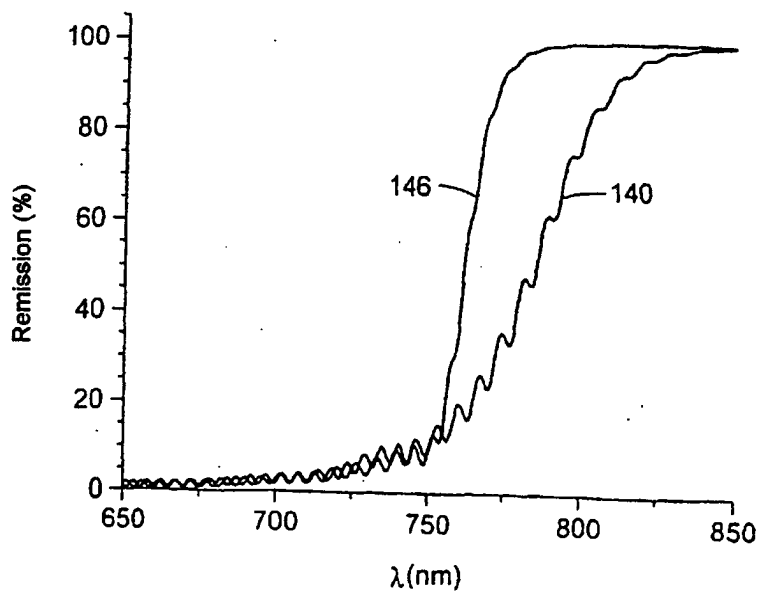


Fig. 17B

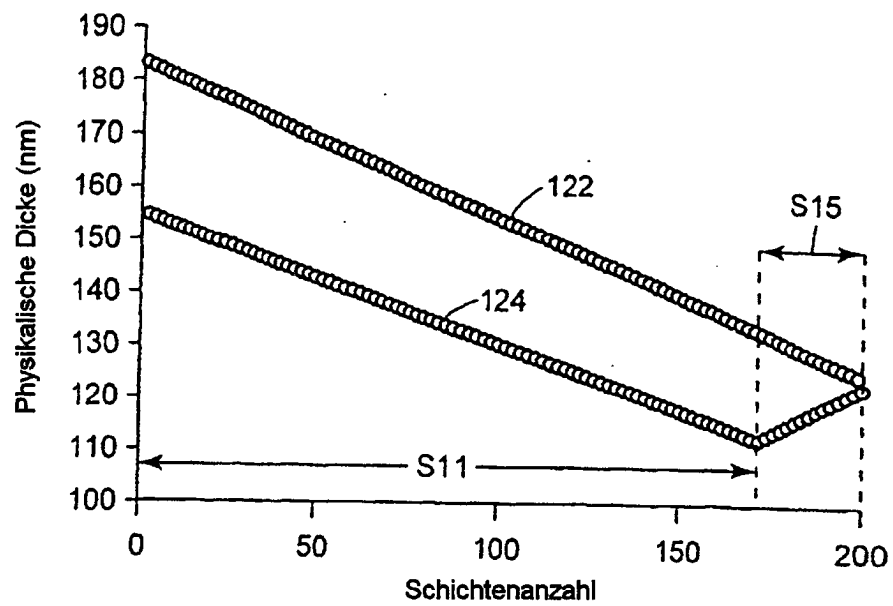


Fig. 18A

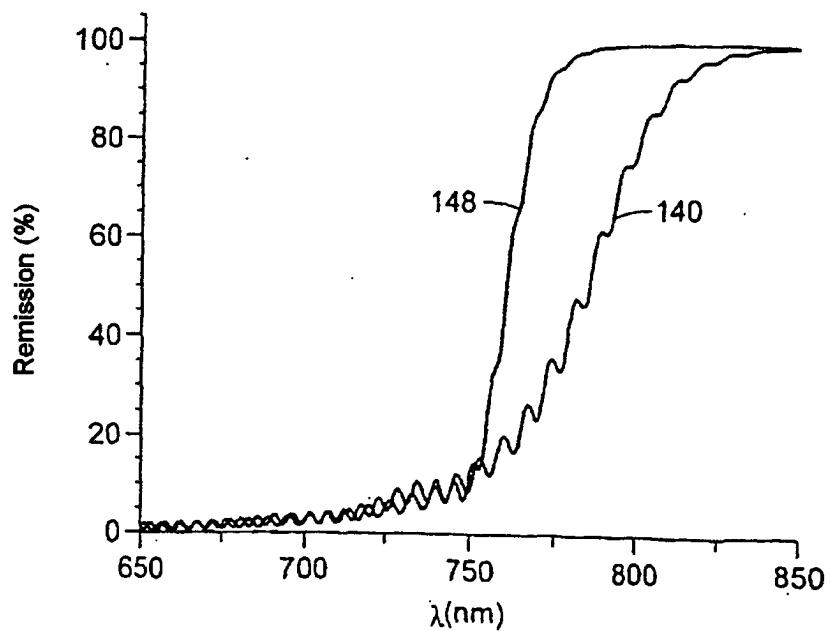


Fig. 18B

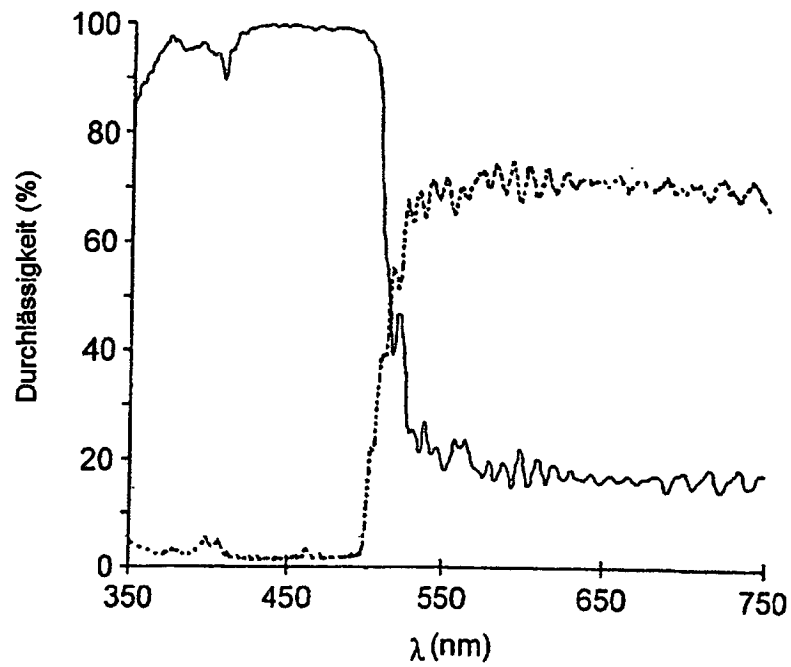


Fig. 19

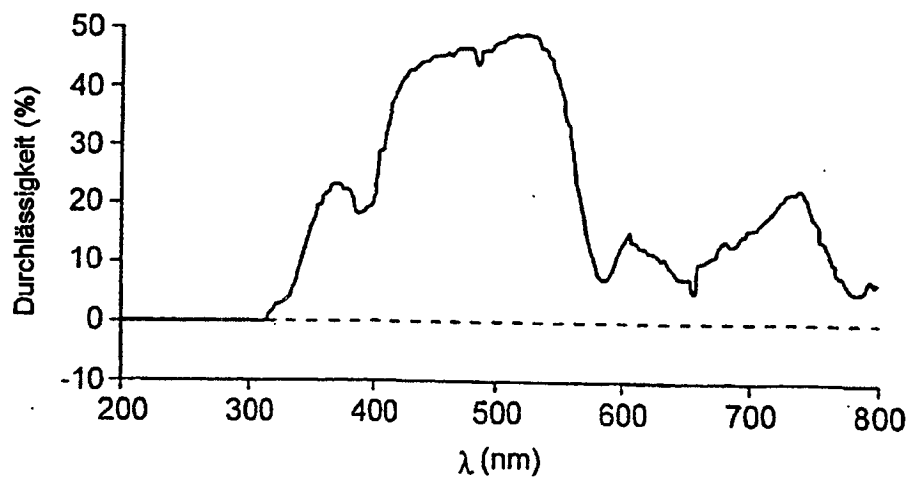


Fig. 20

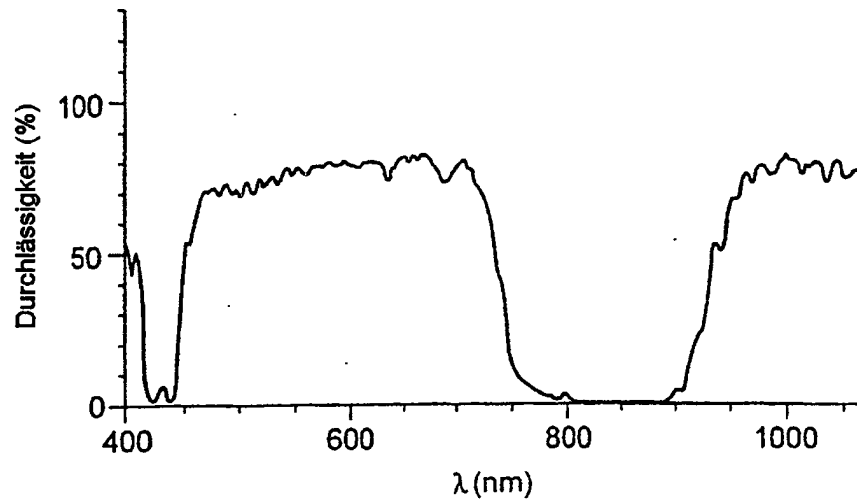


Fig. 21A

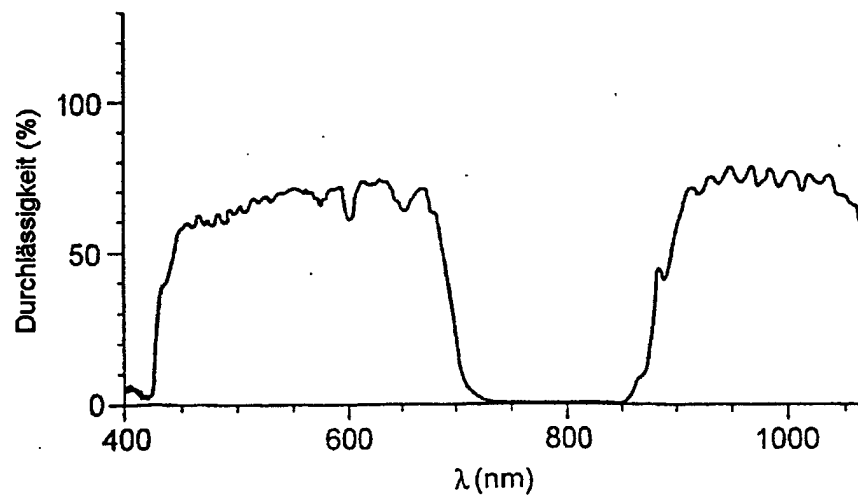


Fig. 21B