



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 202300962 A

(43) 公開日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 01 日

(21) 申請案號：111108469

(22) 申請日：中華民國 111 (2022) 年 03 月 09 日

(51) Int. Cl. :

G02B5/30 (2006.01)**G02B1/04 (2006.01)****B32B7/023 (2019.01)**

(30) 優先權：2021/03/15

美國

63/161,046

(71) 申請人：美商 3 M 新設資產公司 (美國) 3M INNOVATIVE PROPERTIES COMPANY (US)
美國(72) 發明人：休斯拜 凱文 湯瑪士 HUSEBY, KEVIN THOMAS (US)；強森 史蒂芬 艾倫
JOHNSON, STEPHEN ALLEN (US)；米諾 山繆 艾倫 MINNO, SAMUEL ALLEN
(US)；趙霖 ZHAO, LIN (CN)；菲 威廉 湯瑪斯 FAY, WILLIAM THOMAS
(US)；尤絲特 大衛 泰瑞斯 YUST, DAVID TERENCE (US)；漢葛 亞當 當
勞德 HAAG, ADAM DONALD (US)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：16 共 79 頁

(54) 名稱

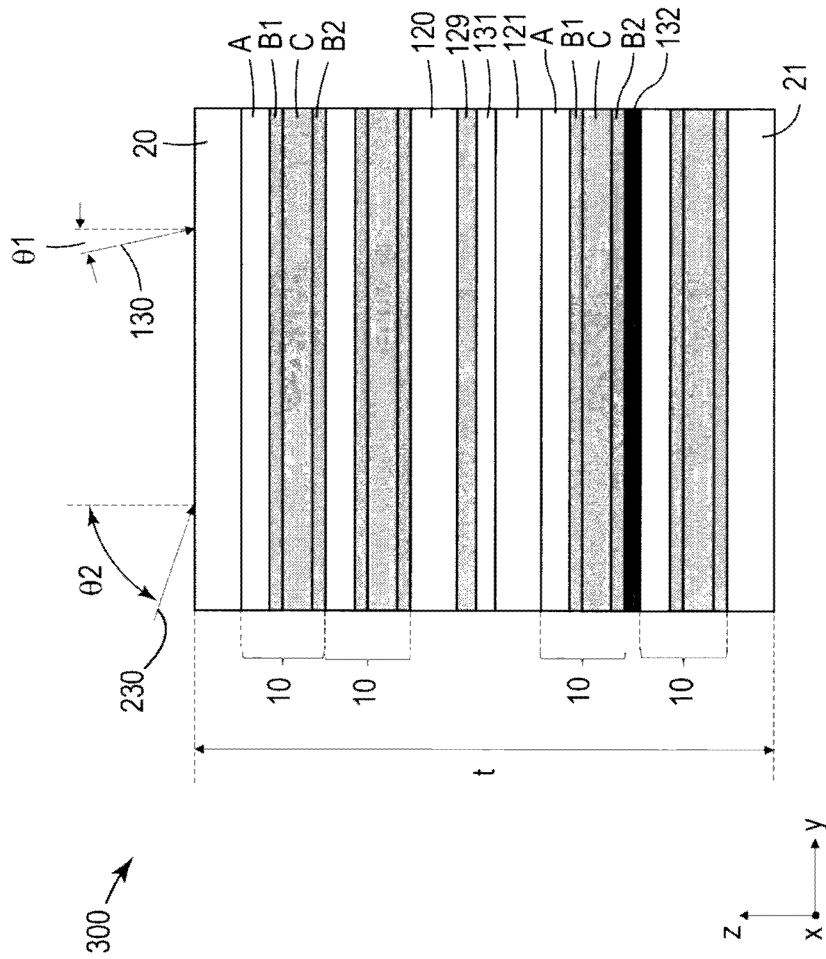
多層光學膜

(57) 摘要

一種多層光學膜包括複數個光學重複單元，其總數可小於約 175，且可具有小於約 20 微米之一組合平均厚度。該等光學重複單元之各者包括至少四個個別層，其可包括至少一個聚合 A 層、至少兩個 B 層、及至少一個聚合 C 層。該至少四個個別層中之至少一個層可具有小於約 50nm 之一平均厚度。當在一 90 度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性可係至少約 14 克/吋。該多層光學膜可係一反射偏振器或一多層光學鏡。

A multilayer optical film includes a plurality of optical repeat units which may number less than about 175 in total and which may have a combined average thickness of less than about 20 micrometers. Each of the optical repeat units includes at least four individual layers which may include at least one polymeric A layer, at least two B layers, and at least one polymeric C layer. At least one layer in the at least four individual layers can have an average thickness of less than about 50 nm. An interlayer adhesion of the individual layers in the plurality of optical repeat units can be at least about 14 grams per inch when measured at a 90 degree peel angle. The multilayer optical film may be a reflective polarizer or a multilayer optical mirror.

指定代表圖：



【圖 1A】

符號簡單說明：

10:光學重複單元

20:第一表層

21:第二表層

120:保護邊界層

121:保護邊界層

129:額外層

130:光

131:額外層

132:額外層

230:光

300:多層光學膜；光學膜

A:層

B1:層

B2:層

C:層

t:平均厚度

θ_1 :第一入射角

θ_2 :第二入射角

發明摘要

【發明名稱】 多層光學膜

MULTILAYER OPTICAL FILM

【中文】

一種多層光學膜包括複數個光學重複單元，其總數可小於約 175，且可具有小於約 20 微米之一組合平均厚度。該等光學重複單元之各者包括至少四個個別層，其可包括至少一個聚合 A 層、至少兩個 B 層、及至少一個聚合 C 層。該至少四個個別層中之至少一個層可具有小於約 50 nm 之一平均厚度。當在一 90 度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性可係至少約 14 克/吋。該多層光學膜可係一反射偏振器或一多層光學鏡。

【英文】

A multilayer optical film includes a plurality of optical repeat units which may number less than about 175 in total and which may have a combined average thickness of less than about 20 micrometers. Each of the optical repeat units includes at least four individual layers which may include at least one polymeric A layer, at least two B layers, and at least one polymeric C layer. At least one layer in the at least four individual layers can have an average thickness of less than about 50 nm. An interlayer adhesion of the individual layers in the plurality of optical repeat units can be at least about 14 grams per inch

when measured at a 90 degree peel angle. The multilayer optical film may be a reflective polarizer or a multilayer optical mirror.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 1A

【本代表圖之符號簡單說明】：

10:光學重複單元

20:第一表層

21:第二表層

120:保護邊界層

121:保護邊界層

129:額外層

130:光

131:額外層

132:額外層

230:光

300:多層光學膜；光學膜

A:層

B1:層

B2:層

C:層

t:平均厚度

θ_1 :第一入射角

θ_2 :第二入射角

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】 多層光學膜

MULTILAYER OPTICAL FILM

【技術領域】

無

【先前技術】

【0001】 一種多層光學膜可包括配置成光學重複單元之聚合層的一堆疊。該多層光學膜可係一反射偏振器或一鏡。

【發明內容】

【0002】 本說明書係關於多層光學膜。該光學膜可包括複數個光學重複單元，其中各光學重複單元包括至少四個個別層。該等光學重複單元可經組態以使得光學膜以一低總厚度（例如，小於約 24 微米或小於約 20 微米）而具有一所欲反射強度及/或具有一高層間黏著性（例如，當在一 90 度剝離角測量時，至少約 14 克/吋或至少約 20 克/吋）。該多層光學膜可係例如一反射偏振器或一光學鏡。

【0003】 在本說明書之一些態樣中，提供一種反射偏振器，其包括設置於第一表層與第二表層之間的複數個光學重複單元。各光學重複單元可包括至少一個聚合 A 層、至少兩個 B 層、及至少一個聚合 C 層，其中各對相鄰 A 及 C 層具有設置於其間的該兩個 B 層中之至少一者。設置在該第一表層與該第二表層之間的該複數個光學重複單元中的該等 A 及 C 層之總數可小於約 400。該等 A 及 C 層之各者可具有約 50 nm 與約 500 nm 之間的一平均厚度，且該等 B 層之各者可具有小於

約 50 nm 之一平均厚度。該第一表層及該第二表層之各者具有大於約 500 nm 之一平均厚度。該反射偏振器可具有小於約 20 微米之一平均厚度。該反射偏振器可使得對於在一入射平面中入射於該反射偏振器上之一光、對於小於約 5 度之一第一入射角及大於約 40 度之一第二入射角之各者、及對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍，該複數個光學重複單元具有下列之一平均光學透射率：當該反射偏振器的一面內第一方向位於該入射平面中時，對於一 s 偏振狀態，小於約 10%；及當該反射偏振器之一面內正交第二方向位於該入射平面中時，對於一 p 偏振狀態而言大於約 65%。

【0004】 在本說明之一些態樣中，提供一種包括複數個光學重複單元的多層光學膜。該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數可小於約 175，且可具有小於約 20 微米之一組合平均厚度。該等光學重複單元之各者包括至少四個個別層。該等光學重複單元之各者之至少四個個別層中之至少第一及第二個別層具有沿一相同面內 x 方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該 x 方向正交的一面內 y 方向之各別折射率 n_{y1} 與 n_{y2} 、及沿與 x 及 y 方向正交的一 z 方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} 。對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中之至少一波長： n_{x1} 可大於 n_{y1} 及 n_{z1} 中之至少一者達至少 0.15； n_{x2} 、 n_{y2} 與 n_{z2} 之間的一最大差之一量值可小於 0.15；且 n_{x1} 可大於 n_{x2} 達至少 0.15。該等光學重複單元之各者之至少四個個別層中之至少一第三層可具有小於約 50 nm 之一平均厚度。當在一 90 度剝

離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性可係至少約 14 克/吋。

【0005】 在本說明之一些態樣中，提供一種包括複數個光學重複單元的多層光學膜。該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數可小於約 175，且可具有小於約 20 微米之一組合平均厚度。該等光學重複單元之各者包括至少四個個別層。該等光學重複單元之各者之至少四個個別層中之至少第一及第二個別層具有沿一相同面內 x 方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該 x 方向正交的一面內 y 方向之各別折射率 n_{y1} 與 n_{y2} 、及沿與 x 及 y 方向正交的一 z 方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} 。對於在從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中的至少一波長： n_{x1} 可大於 n_{y1} 及 n_{z1} 中之至少一者達至少 0.15； n_{x2} 可小於 n_{y2} 及 n_{z2} 之至少一者；且 n_{x1} 可大於 n_{x2} 達至少 0.15。當在一 90 度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性可係至少約 14 克/吋。

【0006】 在本說明之一些態樣中，提供一種包括複數個光學重複單元的多層光學膜。該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數可小於約 175，且可具有小於約 20 微米之一組合平均厚度。該等光學重複單元之各者包括至少四個個別層。該等光學重複單元之各者之至少四個個別層中之至少第一及第二個別層具有沿一相同面內 x 方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該 x 方向正交的一面內 y 方向之各別折射率 n_{y1} 與 n_{y2} 、及沿與 x 及 y 方向正交的一 z 方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} 。對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範

圍中之至少一波長： n_{x1} 、 n_{y1} 與 n_{z1} 之間的一最大差之一量值可小於約 0.05； n_{x2} 可小於 n_{y2} 及 n_{z2} 之至少一者；且 n_{x1} 可大於 n_{x2} 達至少 0.07。該等光學重複單元之各者之至少四個個別層中之至少一第三層可具有小於約 50 nm 之一平均厚度。當在一 90 度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性可係至少約 14 克/吋。

【0007】 在本說明之一些態樣中，提供一種包括複數個光學重複單元的多層光學鏡。該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數可小於約 200，且可具有小於約 20 微米之一組合平均厚度。該等光學重複單元之各者包括至少四個依序配置之第一至第四個別層。該等光學重複單元之各者之第一及第三個別層具有沿一相同面內 x 方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該 x 方向正交的一面內 y 方向之各別折射率 n_{y1} 與 n_{y2} 、及沿與 x 及 y 方向正交之一 z 方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} 。對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中之至少一波長： n_{x1} 及 n_{y1} 可大於各別 n_{x2} 及 n_{y2} 達至少 0.1，且 n_{z2} 可大於 n_{z1} 達至少 0.05。該多層光學鏡可使得對於入射在該多層光學鏡上之一光、對於互相正交的第一偏振狀態及第二偏振狀態之各者、及對於該可見光波長範圍，該複數個光學重複單元具有對於小於約 5 度之一第一入射角的一平均光學透射率 $T1$ ，及對於大於約 40 度之一第二入射角的一平均光學透射率 $T2$ ，其中 $T1/T2 \geq 1.2$ 。

【0008】 此等及其他態樣將經由下文的詳細說明而顯而易見。然而，在任何情況下，不應將此簡要內容解釋為限制可主張之技術特徵。

【圖式簡單說明】

【0009】

〔圖 1A〕係根據一些實施例之光學膜的示意截面圖。

〔圖 1B〕係根據一些實施例之光學膜之一部分的示意截面圖。

〔圖 2A〕至〔圖 2B〕係在不同入射平面中入射於光學膜上之光的示意橫截面圖。

〔圖 3〕係光學膜之圖解層的透視圖。

〔圖 4A〕至〔圖 4B〕係根據一些實施例之反射偏振器之複數個光學重複單元之光學透射率的示意標繪圖。

〔圖 5〕係第一例示性反射偏振器之層厚度輪廓。

〔圖 6A〕係第一例示性反射偏振器之複數個光學重複單元之光學透射率的標繪圖。

〔圖 6B〕係圖 6A 之光學透射率之標繪圖之一部分。

〔圖 7〕係第二例示性反射偏振器之層厚度輪廓。

〔圖 8〕係第二例示性反射偏振器之複數個光學重複單元之光學透射率的標繪圖。

〔圖 9A〕至〔圖 9B〕係根據一些實施例之光學鏡之複數個光學重複單元之光學透射率的示意標繪圖。

〔圖 10〕係第一例示性光學鏡之層厚度輪廓。

〔圖 11〕係第一例示性光學鏡之複數個光學重複單元之光學透射率的標繪圖。

〔圖 12〕係第二例示性光學鏡之層厚度輪廓。

〔圖 13〕係第二例示性光學鏡之複數個光學重複單元之光學透射率的標繪圖。

〔圖 14〕係第三例示性光學鏡之層厚度輪廓。

〔圖 15〕係第三例示性光學鏡之複數個光學重複單元之光學透射率的標繪圖。

〔圖 16〕係測試多層光學膜之層間黏著性的示意圖。

【實施方式】

【0010】 以下說明係參照所附圖式進行，該等圖式構成本文一部分且在其中係以圖解說明方式展示各種實施例。圖式非必然按比例繪製。要理解的是，其他實施例係經設想並可加以實現而不偏離本說明的範疇或精神。因此，以下之詳細敘述並非作為限定之用。

【0011】 包括交替聚合層之多層光學膜可用以藉由適合地選擇層厚度及折射率差來提供所欲波長範圍中之所欲反射及透射，如例如下列中大致上所述：美國專利第 5,882,774 號（Jonza 等人）；第 6,179,948 號（Merrill 等人）；第 6,783,349 號（Neavin 等人）；第 6,967,778 號（Wheatley 等人）；及第 9,162,406 號（Neavin 等人）中。交替聚合層通常包括交替的高及低折射率層，該等聚合層可描述為主要藉由光學干涉來透射及反射光之光學層。包括交替的高及低折射率層之多層光學膜可描述為包括複數個光學重複單元，其中各光學

重複單元包括一高折射率層及一低折射率層。光學重複單元通常係沿光學膜之厚度方向重複的光學層之最小相異單元。各光學重複單元除了高折射率層及低折射率層外，可包括一或多個層，如例如美國專利第 5,103,337 號 (Schrenk 等人)；第 5,540,978 號 (Schrenk) 及第 6,207,260 號 (Wheatley 等人) 中所述。高折射率層通常經選擇以為正雙折射材料，使得當澆鑄膜被拉伸時，高折射率層之折射率在拉伸方向上增加。增加高與低折射率層之間的折射率差會導致強反射，且因此減少總層數及達成所欲反射強度所需的所得膜厚度。折射率差可藉由選擇用於低折射率層之負雙折射材料以及用於高折射率層之正雙折射材料而增加，使得在拉伸方向，低折射率層之折射率減少且高折射率之折射率增加。例如，聚萘二甲酸乙二酯 (PEN) 係適合的正雙折射材料，而間規聚苯乙烯 (sPS) 係適合的負雙折射材料。然而，已發現，當 PEN 與 sPS 彼此被共擠壓及/或拉伸時此等材料之間的接合低，且此導致對於許多應用而言，由交替的 PEN 及 sPS 層形成之多層光學膜中之層間黏著性太低 (例如，當處置或定形或施加光學膜至裝置或其他光學元件時，會導致該等層之脫層或部分脫層，且此可使光學膜之效能劣化)。

【0012】 根據一些實施例，對於具有低總平均厚度 (例如，小於約 20 微米) 及/或低總數目個光學重複單元 (例如，小於約 200 個光學重複單元或小於約 175 個光學重複單元) 的聚合多層光學膜，針對至少一個偏振狀態達成高反射率 (例如，大於約 90%) 或對應低透射率 (例如，小於約 10%)，同時維持適合的層間黏著性 (例如，在 90

度剝離角下測量時，至少約 14 克/吋或至少約 20 克/吋）。在一些實施例中，光學膜亦具有在通過偏振狀態中的改善透射率。在一些實施例中，在高（例如，大於約 40 度）入射角下改善通過狀態透射率。在一些實施例中，藉由包括正雙折射高折射率層、負雙折射低折射率層及高折射率層與低折射率層之各者之間的額外層而達成光學膜之所欲性質。該額外層可經選擇以增加光學膜之層之間的層間黏著性。在一些實施例中，該額外層係一等向性聚合層。在一些實施例中，藉由使用正雙折射高折射率層、實質上等向性低折射率層（若直接接合至高折射率層，則會具有與高折射率層的不良接合，例如，含氟基之低折射率層）及高折射率層與低折射率層之各者之間的額外層而達成光學膜之所欲性質，以改善層間黏著性。在一些實施例中，藉由使用包括實質上等向性高折射率層、負雙折射低折射率層及高折射率層與低折射率層之各者之間之額外層的光學重複單元而達成光學膜之所欲性質。例如，此類光學重複單元可用以提供準直光學鏡，如本文他處所述。

【0013】 圖 1A 係根據一些實施例之多層光學膜 300 的示意截面圖。光學膜 300 可經調適以基於波長及/或偏振狀態而選擇性反射及透射光。光學膜 300 可係例如反射偏振器或光學鏡。光學膜 300 包括複數個光學重複單元 10，其中各光學重複單元 10 包括至少 4 個個別層。在所繪示之實施例中，至少 4 個個別層包括一 A 層、一 B1 層、一 C 層、及一 B2 層。光學膜 300 可包括比圖 1A 中示意性繪示者更多的光學重複單元 10。圖 1B 係根據一些實施例之多層光學膜 300 之一部分的示意截面圖，其指示較大數目個光學重複單元 10。

【0014】 在一些實施例中，多層光學膜 300 包括經設置在第一表層 20 與第二表層 21 之間的複數個光學重複單元 10，其中各光學重複單元包括至少一個聚合 A 層、至少兩個 B 層（例如，至少一 B1 層及一 B2 層）及至少一個聚合 C 層。各對相鄰 A 及 C 層可具有設置於其間的該兩個 B 層中之至少一者。設置在第一表層 20 與第二表層 21 之間的該複數個光學重複單元中的 A 及 C 層之總數可小於約 400。例如，A 及 C 層之總數可在約 10 或約 20 至約 400 或約 350 之範圍中。該複數個光學重複單元中之光學重複單元的總數係指相異光學重複單元的總數（膜之任何層皆不在超過一個相異的光學重複單元中）。在一些實施例中，多層光學膜 300 包括複數個光學重複單元，其中該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數例如小於約 200、或小於約 175、或小於約 150、或小於約 130、或小於約 120、或小於約 115、或小於約 110、或小於約 105、或小於約 100、或小於約 95、或小於約 90。例如，該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數可係至少約 10、或至少約 15、或至少約 20、或至少約 25、或至少約 30、或至少約 40、或至少約 50、或至少約 60、或至少約 70、或至少約 75。該複數個光學重複單元可具有例如小於約 20 微米、或小於約 19 微米、或小於約 18 微米、或小於約 17 微米、或小於約 16 微米、或小於約 15 微米之一組合平均厚度。例如，該等光學重複單元之組合平均厚度可大於約 5 微米、或大於約 8 微米、或大於約 10 微米。

【0015】 在一些實施例中，各光學重複單元 10 係由四個個別層（例如，A、B1、C、B2）界定。換言之，在一些實施例中，各光學

重複單元 10 包括僅四個個別層。在其他實施例中，各光學重複單元 10 包括多於四個個別層。

【0016】 A 及 C 層之各者可具有約 50 nm 與約 500 nm 之間、或約 75 nm 與約 400 nm 之間、或約 100 nm 與約 300 nm 之間的一平均厚度。一層之一平均厚度係該層之厚度在該層之面積上的非加權平均。在一些實施例中，B 層主要用以促進 A 與 C 層之間的黏著性，且可足夠薄以不會實質上影響光學膜之光學性質。在一些實施例中，B 層可促進 A 與 C 層之間的黏著性，且亦可實質上影響光學膜之光學性質。在一些實施例中，B 層之各者具有小於約 50 nm、或小於約 40 nm、或小於約 30 nm、或小於約 20 nm、或小於約 15 nm、或小於約 10 nm、或小於約 7.5 nm 之一平均厚度。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，B 層之各者具有至少約 0.5 nm、或至少約 1 nm、或至少約 2 nm、或至少約 3 nm 之一平均厚度。例如，在一些實施例中，B 層之各者具有在約 1 nm 至約 30 nm 或約 3 nm 至約 20 nm 之範圍中之一平均厚度。在一些實施例中，對於光學重複單元 10 之各者，B 層之各者（例如，B1 及 B2 層）之一平均厚度小於 A 及 C 層之各者之一平均厚度達至少約 2 倍、或至少約 2.25 倍、或至少約 2.5 倍、或至少約 2.75 倍、或至少約 3 倍、或至少約 3.25 倍。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，對於光學重複單元 10 之各者，B 層之各者（例如，B1 及 B2 層）之一平均厚度小於 A 及 C 層之各者之一平均厚度例如達至多約 100、或至多約 50、或至多約 40 倍。在一些實施例中，B 層之各者係聚合層。

【0017】 在一些實施例中，第一表層 20 及第二表層 21 之各者可具有大於約 500 nm、或大於約 750 nm、或大於約 1000 nm、或大於約 1250 nm、或大於約 1500 nm 之一平均厚度。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，第一表層 20 及第二表層 21 之各者具有小於約 8 微米、或小於約 5 微米、或小於約 4 微米之一平均厚度。光學膜 300 可包括額外層，諸如用以保護光學重複單元封包的保護邊界層 120、121，如所屬技術領域中已知，或諸如設置在保護邊界層 120、121 之間的額外層 129、131，或在光學重複單元之間的（多個）額外層 132。額外層 129、131、132（若包括）可各具有小於約 500 nm 之一平均厚度，或可在針對 A、B1、B2 或 C 層中之任一者中描述之任何範圍中的平均厚度。保護邊界層 120、121（若包括）可例如各具有在約 500 nm 或約 750 nm 至約 2 微米之範圍中之一平均厚度。在一些實施例中，光學膜 300 具有小於約 24 微米、或小於約 22 微米、或小於約 20 微米、或小於約 19 微米、或小於約 18 微米、或小於約 17 微米、或小於約 16 微米、或小於約 15 微米之一平均厚度 t 。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，平均厚度 t 係例如大於約 5 微米、或大於約 8 微米、或大於約 10 微米。平均厚度 t 可描述為光學重複單元之組合平均厚度加表層 20、21 之平均厚度加任何額外層（例如，120、121、129、131、132）之平均厚度。

【0018】 在一些實施例中，B 層之各者（例如，B1 及 B2 層）具有相同組成物。在其他實施例中，B1 及 B2 層具有不同組成物。在一些實施例中，對於光學膜 300 中之各光學重複單元，或對於光學膜

300 之至少大部分光學重複單元中之各光學重複單元，在光學重複單元中之 B1 及 B2 層具有實質上相同的厚度（例如，層可具有彼此相差在 10%內或在 5%內之厚度）。在一些實施例中，光學膜 300 中之各 B1 及 B2 層，或光學膜 300 中之至少大部分之光學重複單元之各 B1 及 B2 層具有實質上相同的厚度。在一些實施例中，B1 及 B2 層具有通常自光學膜 300 之一側至光學膜 300 之相對側大致上增加之一平均厚度。在一些實施例中，對於光學膜 300 中之各光學重複單元，或對於光學膜 300 之至少大部分光學重複單元中之各光學重複單元，在光學重複單元中之 B1 及 B2 層具有不同厚度。在一些實施例中，對於光學膜 300 中之各光學重複單元，或對於光學膜 300 之至少大部分光學重複單元中之各光學重複單元，A 及 C 層具有相同組成物，且具有實質上不同的厚度（例如，厚度相差達大於 10%）。在一些實施例中，A 及 C 層具有不同組成物。

【0019】 在一些實施例中，光學膜 300 係一體地形成。如本文中所使用，第一元件與第二元件「一體成形(integrally formed)」意指第一元件及第二元件一起製造，而非個別製造且接著後續結合。一體成形包括製造第一元件、後續接著製造第二元件在第一元件上。若複數個層一起製造（例如，組合為熔體流且然後澆鑄至冷卻輥以形成具有各層的澆鑄膜，且然後定向該澆鑄膜）而不是分開製造並隨後結合，則包括複數個層的光學膜係一體形成。

【0020】 圖 1A 中示意性地繪示依各別入射角 θ_1 及 θ_2 入射在光學膜 300 上的光 130 及光 230。入射角係入射於表面上之光之方向相

對於表面法線的角度，且在 0 度至 90 度之範圍中。圖 2A 至圖 2B 示意性地繪示依入射角 θ 入射在光學膜 300 的光 30 其可對應於光 130 或光 230。在圖 2A 中，光學膜 300 之面內第一方向（x 方向）位於入射平面 40（由入射光之方向及表面法線界定之平面）中。在圖 2B 中，光學膜 300 之面內第二方向（y 方向）位於入射平面 40 中。該面內第二方向正交於該面內第一方向。例如，該第一方向可對應於一反射偏振器之一阻斷軸，且該第二方向可對應於該反射偏振器之一通過軸。繪示 p 偏振狀態 31（在入射平面中之電場）及一 s 偏振狀態 32（與該入射平面正交的電場）。

【0021】 在一些實施例中，光學膜 300 係反射偏振器，使得對於在一入射平面 40 中入射於該反射偏振器上之一光 30、對於小於約 5 度之一第一人射角 θ_1 及大於約 40 度之一第二入射角 θ_2 之各者、及對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍，複數個光學重複單元 10 具有下列之一平均光學透射率：當該反射偏振器的一面內第一方向（x 方向）位於入射平面 40 中時，對於一 s 偏振狀態 32，小於約 10%；當該反射偏振器之一面內正交第二方向（y 方向）位於入射平面 40 中時，對於一 p 偏振狀態 31，大於約 65%。在一些實施例中，第一人射角 θ_1 可例如小於約 4 度、或小於約 3 度、或小於約 2 度。例如，第一人射角 θ_1 可係約零度。第二入射角 θ_2 可大於約 45 度、或大於約 50 度、或大於約 55 度。例如，第二入射角可係約 60 度。在一些實施例中，對於第一人射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 之各者、及對於可見光波長範圍，當該反射偏振器之該面內第一方向位於入射

平面 40 中時，對於 s 偏振狀態 32，複數個光學重複單元 10 具有小於約 10%、或小於約 8%、或小於約 6%、或小於約 4%、或小於約 2%之一平均光學透射率。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，對於第一人射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 之各者、及對於可見光波長範圍，當該反射偏振器之該面內第二方向位於入射平面 40 中時，對於 p 偏振狀態 31，複數個光學重複單元 10 具有大於約 65%、或大於約 70%、或大於約 75%、或大於約 80%、或大於約 85%之一平均光學透射率。

【0022】 包括最外表層之光學膜之複數個光學重複單元之透射率可例如藉由測量光學膜之透射率、測量光學膜之最外表層之折射率、在菲涅耳方程式中使用所測量折射率來判定來自最外主表面之反射、然後從所測量透射率及來自最外主要表面之反射率計算複數個光學重複單元之透射率予以判定。此忽略通常在光學膜之複數個光學重複單元與任何其他層之間的界面處的小額外菲涅耳反射。可藉由判定相鄰於這些界面之層的折射率及使用菲涅耳方程式進行適當校正而考量任何此類額外菲涅耳反射。替代地，可例如藉由判定個別層之材料性質及使用原子力顯微鏡(atomic force microscopy, AFM)測量光學膜之個別層之厚度，從習知光學模型化計算來判定該複數個光學重複單元之透射率。在一些實施例中，對於 s 偏振狀態及/或 p 偏振狀態、以及對於位於入射平面 40 中的反射偏振器之面內第一方向及/或面內第二方向，光學膜 300 具有針對複數個光學重複單元所描述的任何範圍之光學透射率。

【0023】 在一些實施例中，在當反射偏振器之面內第一方向位於入射平面 40 中時針對 p 偏振狀態 31 所描述之任何範圍中，當反射偏振器之面內第一方向位於入射平面 40 中時，該複數個光學重複單元具有針對 s 偏振狀態 32 之光學透射率。在一些實施例中，在當反射偏振器之面內第二方向位於入射平面 40 中時針對 p 偏振狀態 31 所描述之任何範圍中，當反射偏振器之面內第二方向位於入射平面 40 中時，該複數個光學重複單元具有針對 s 偏振狀態 32 之光學透射率。在一些實施例中，光學膜 300 係反射偏振器，使得對於在一入射平面 40 中入射於該反射偏振器上之 p 偏振光、對於小於約 5 度之一第一入射角 θ_1 及大於約 40 度之一第二入射角 θ_2 之各者、及對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍，複數個光學重複單元 10 具有下列之一平均光學透射率：當該反射偏振器的一面內第一方向（x 方向）位於入射平面 40 中時，小於約 10%；當該反射偏振器之一面內正交第二方向（y 方向）位於入射平面 40 中時，大於約 65%。

【0024】 多層光學膜 300 中之各種層之適合材料包括例如聚萘二甲酸乙二酯(PEN)、coPEN（共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物(copolyethylene naphthalate terephthalate copolymer)）、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物(polyhexylethylene naphthalate copolymer, PHEN)、乙二醇改質之 PET (PETG)、乙二醇改質之 PEN (PENG)、間規聚苯乙烯(sPS)、THV（四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物(terpolymer)）、聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、coPMMA（甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物）、苯

乙烯嵌段共聚物（包括苯乙烯嵌段的嵌段共聚物）（諸如基於苯乙烯及乙烯/丁烯的線性三嵌段共聚物）、丙烯酸嵌段共聚物（包括丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯嵌段的嵌段共聚物）（諸如基於甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸正丁酯的線性三嵌段共聚物）、酞改質之乙烯乙酸乙烯酯聚合物、酮乙烯酯三元共聚物、聚烯烴熱塑性彈性體、或其摻合物。例如，在一些實施例中，各 A 層包含聚萘二甲酸乙二酯、聚對苯二甲酸乙二酯、或聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物；及各 C 層包含間規聚苯乙烯；四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物；聚甲基丙烯酸甲酯；甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物；或共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物。在一些實施例中，各 B 層包含苯乙烯嵌段共聚物、丙烯酸嵌段共聚物、乙二醇改質之聚對苯二甲酸乙二酯、乙二醇改質之聚萘二甲酸乙二酯、聚甲基丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物、酞改質之乙烯乙酸乙烯酯聚合物、酮乙烯酯三元共聚物、聚烯烴熱塑性彈性體、或共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物，其中各 B 層具有與各 A 及 C 層不同的組成物。在一些實施例中，各 A 層包含聚萘二甲酸乙二酯、聚對苯二甲酸乙二酯、或聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物；各 B 層包含苯乙烯嵌段共聚物、丙烯酸嵌段共聚物、乙二醇改質之聚對苯二甲酸乙二酯、乙二醇改質之聚萘二甲酸乙二酯、酞改質之乙烯乙酸乙烯酯聚合物、或酮乙烯酯三元共聚物；及各 C 層包含間規聚苯乙烯；四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物；聚甲基丙烯酸甲酯；甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物；或共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物。在一些實施例

中，各聚合 A 層包含聚萘二甲酸乙二醇酯、聚對苯二甲酸乙二醇酯、或聚萘二甲酸己基乙二醇酯共聚物；各 B 層包含聚甲基丙烯酸甲酯、或甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物；及各聚合 C 層包含間規聚苯乙烯；四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物；或共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二醇酯共聚物。

【0025】 在一些實施例中，各 C 層包含例如間規聚苯乙烯 (sPS)，各 B 層可包含苯乙烯嵌段共聚物、丙烯酸嵌段共聚物、乙二醇改質之聚對苯二甲酸乙二醇酯，或乙二醇改質之聚萘二甲酸乙二醇酯。在各 A 層包含聚酯（例如，PET、PEN、或 PHEN）的一些實施例中，各 B 層可包含例如苯乙烯嵌段共聚物。已發現，苯乙烯嵌段共聚物尤其適用於提供與聚酯（例如，PET、PEN、或 PHEN）及/或 sPS 之高結合強度。在各 C 層包含四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物 (THV) 的一些實施例中，各 B 層可包含例如聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)、或甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物 (coPMMA)。已發現，丙烯酸酯（例如，PMMA、或 coPMMA、或丙烯酸嵌段共聚物、或其摻合物）尤其適用於提供與氟聚合物（例如，THV）之高結合強度。作為一個實例，A 層可包含 PEN，C 層可包含 THV，且 B 層可包含 PMMA。作為另一實例，A 層可包含 PET，C 層可包含 THV，且 B 層可包含 coPMMA。氟聚合物（例如，THV）與丙烯酸酯或其他材料之間的層間黏著性描述於例如美國專利申請公開案第 2019/0369314 號 (Hebrink 等人) 及第 2019/0111666 號 (Hebrink 等人) 中。在一些實例中，當在 90 度剝離角下測量時，PEN 與 PMMA

之間的層間黏著性係約 30 克/吋，其實質上高於許多氟聚合物與 PEN 之間的層間黏著性。在一些實例中，當在 90 度剝離角下測量時，PET 與 CoPMMPA 之間的層間黏著性係約 50 克/吋，其實質上高於許多氟聚合物與 PET 之間的層間黏著性。

【0026】 在一些實施例中，各光學重複單元 10 包括至少一個氟聚合物層（例如，一或多個 THV 層）。在一些實施例中，在 633 nm 波長下，各光學重複單元之至少一個層具有在至少一方向上不超過 1.4 之折射率。在一些實施例中，各光學重複單元之至少一個層在 633 nm 波長下具有在三個互相正交方向之各者不超過 1.4 之折射率。在其他實施例中，光學重複單元 10 不包括氟聚合物層。在一些實施例中，在 633 nm 波長下，各光學重複單元之各層具有在至少一個方向上至少 1.45 之折射率。在一些實施例中，在 633 nm 波長下，各光學重複單元之各層具有在三個互相正交方向之各者中的至少 1.45 之折射率。

【0027】 根據一些實施例，經發現，由具有低玻璃轉移溫度之聚合物、或含有低玻璃轉移溫度之（例如，軟性）聚合嵌段之嵌段共聚物、或其摻合物所形成的 B 層提供與本文所述之 A 及 C 層改善的接合。例如，B 層可由苯乙烯嵌段共聚物、丙烯酸嵌段共聚物、PMMA、或 coPMMA、或後三者之摻合物所形成。（B 層或 B 層之軟嵌段之）玻璃轉移溫度可例如小於 105°C、或小於 100°C、或小於 90°C、或小於 80°C、或小於 70°C、或小於 60°C、或小於 50°C、或小於 40°C、或小於 30°C、或小於 20°C、或小於 10°C、或小於 0°C、或小於 -10°C、或小於 -20°C、或小於 -30°C、或小於 -40°C、或小於 -50°C。

共聚物之聚合嵌段之玻璃轉移溫度可判定為聚合嵌段之單體單元之均聚合物的玻璃轉移溫度。嵌段共聚物亦可包括例如用於機械性質之其他（例如，硬性）嵌段（例如，用於材料處置及/或低潛變）。用於機械性質之（例如，硬性）嵌段可具有例如大於 50°C、或大於 60°C、或大於 70°C、或大於 80°C、或大於 90°C、或大於 100°C、或大於 105°C 之玻璃轉移溫度。在一些實施例中，各 B 層係化學惰性或實質上化學惰性之聚合層。亦即，在一些實施例中，B 層之聚合物與 A 層之材料或與 C 層之材料不產生共價鍵，或產生很少個共價鍵使得可忽略地影響與相鄰層之任一者之接合。

【0028】 雜排聚苯乙烯(aPS)可選擇性地與 sPS 摻合（例如，約 5 至約 30 重量百分比的 aPS），以調整所得層之折射率及/或降低層之霧度（例如，藉由降低層之結晶度）。適合的 THV 聚合物係描述於例如美國專利申請公開案第 2019/0369314 號（Hebrink 等人）中，且包括可以 DYNEON THV 商標名稱購自 3M Company (St. Paul, MN) 者。在一些實施例中，THV 可含有約 35 至約 75 莫耳百分比的四氟乙烯、約 5 至約 20 莫耳百分比的六氟丙烯及約 15 至約 55 莫耳百分比的二氟亞乙烯。適合之苯乙烯嵌段共聚物包括可購自 KRATON Polymers (Houston, TX)之 KRATON G1645 及 KRATON G1657。適合的丙烯酸嵌段共聚物包括可以 KURARITY 商標名稱購自 Kuraray Co., Ltd. (Tokyo, JP)者。PETG 可描述為 PET，其中聚合物之一些乙二醇單元被不同單體單元（通常衍生自環己烷二甲醇者）所取代。PETG 可藉由例如用環己烷二甲醇來取代在產生聚酯的轉酯化反應中

使用之乙二醇之一部分來製作。適合的 PETG 共聚物包括可購自 Eastman Chemical Company (Kingsport, TN) 之 GN071。例如，PEN 及 coPEN 可如美國專利第 10,001,587 號(Liu)中所描述予以製作。低熔融 PEN 係包括以總羧酸酯基團計約 90 莫耳百分比之萘二羧酸酯基團的 coPEN，且亦稱為 coPEN 90/10。另一適用的 coPEN 係 coPEN 70/30，其包括以總羧酸酯基團計約 70 莫耳百分比的萘二羧酸酯基團及約 30 莫耳百分比的對苯二甲酸二羧酸酯基團。更一般而言，可使用 coPEN Z/100-Z，其中 coPEN Z/100-Z 包括以總羧酸酯基團計，Z 莫耳百分比的萘二羧酸酯基團（通常大於 50 莫耳百分比且不超過約 90 莫耳百分比）及 100-Z 莫耳百分比的對苯二甲酸二羧酸酯基團。乙二醇改質之聚萘二甲酸乙二酯(PENG)可描述為 PEN，其中聚合物之一些乙二醇單元被不同單體單元所取代，且可藉由例如用環己烷二甲醇來取代在產生聚酯之轉酯化反應中使用之乙二醇之一部分來製作。PHEN 可如美國專利第 10,001,587 號(Liu)針對 PEN 中所描述予以製作，惟轉酯化反應中使用之乙二醇之一部分（例如，約 40 莫耳百分比）被己二醇所取代除外。適合的 PET 可獲自例如 Nan Ya Plastics Corporation, America (Lake City, SC)。適合的 sPS 可獲自例如 Idemitsu Kosan Co., Ltd. (Tokyo, Japan)。適合的 PMMA 可獲自例如 Arkema Inc., Philadelphia, PA。適合的酞改質之乙烯乙酸乙烯酯聚合物包括例如可以 BYNEL 商標名稱購自 Dow Chemical (Midland, MI) 者。合適的酮乙烯酯三元共聚物包括例如可以 BYNEL 商標名稱購自

Dow Chemical (Midland, MI)者。適合的聚烯烴熱塑性彈性體包括可以 ADMER 商標名稱購自 Mitsui Chemicals (Tokyo, Japan)者。

【0029】 PEN、PET、及 PHEN 係正雙折射熱塑性聚合物之實例，而 sPS 係負雙折射熱塑性聚合物之實例。例如，如美國專利第 9,069,136 號 (Weber 等人) 所述，聚合物是否將展現正或負雙折射可取決於在聚合物定向時形成之結晶的幾何形狀。適合的正雙折射熱塑性聚合物包括形成具有實質上與拉伸方向對準之對稱軸的結晶者，而適合的負雙折射熱塑性聚合物包括形成具有實質上與拉伸方向對準的最小單位單元尺寸之盤形單位單元結構的結晶者。苯乙烯嵌段共聚物、PMMA、coPMMA、THV、丙烯酸嵌段共聚物、coPEN 及 PETG 係在定向後可係實質上等向性的熱塑性聚合物之實例。實質上等向性聚合物一般在定向時實質上不形成結晶，或在含有聚合物之膜被熱固時形成被融化的結晶。正及負雙折射熱塑性聚合物以及等向性熱塑性聚合物之其他實例描述於例如美國專利第 9,069,136 號 (Weber 等人)。多層光學膜 300 中之各種層的其他適合材料包括例如下列中所述者：美國專利第 5,103,337 號 (Schrenk 等人)；第 5,540,978 號 (Schrenk)；第 5,882,774 號 (Jonza 等人)；第 6,179,948 號 (Merrill 等人)；第 6,207,260 號 (Wheatley 等人)；第 6,783,349 號 (Neavin 等人)；第 6,967,778 號 (Wheatley 等人)；第 9,069,136 號 (Weber 等人)；及第 9,162,406 號 (Neavin 等人)。

【0030】 光學膜 300 之各種層之特徵可在於下列方向之折射率：在第一面內方向 (例如，x 方向)、正交第二面內方向 (例如，y 方

向)、及/或沿正交於該等面內方向之厚度方向(z 方向)。在其中指定多個層之折射率的實施例中,沿 x 、 y 及 z 方向之折射率可分別標示為 n_{xi} 、 n_{yi} 、 n_{zi} , 其中「 i 」為 1、2 等。圖 3 係多層光學膜之層的示意透視圖。沿 x 、 y 、及 z 方向之折射率 n_{xi} 、 n_{yi} 、 n_{zi} 指示一層「 i 」, 其可對應於例如圖 1A 至圖 1B 中所繪示之層 A、B1、C、B2 中之任一者。例如, 在一些實施例中, 多層光學膜 300 包括複數個光學重複單元 10, 其中各光學重複單元包括至少四個個別層(例如, A、B1、C、B2), 且其中該等光學重複單元之各者之至少四個個別層中之至少第一個個別層(例如, A 及 C 中之一者)及第二個別層(例如, A 及 C 中之另一者)具有沿相同面內 x 方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與 x 方向正交之面內 y 方向之各別折射率 n_{y1} 及 n_{y2} 、以及沿與 x 及 y 方向正交的 z 方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} 。

【0031】 下表列出根據一些實施例, 可用於光學膜 300 之層之各種例示性材料, 在約 633 nm 波長下的折射率。雙折射材料通常對於反射偏振器經單軸定向、及對於光學鏡經雙軸定向。諸如苯乙烯嵌段共聚物、THV、PMMA、coPMMA、丙烯酸嵌段共聚物、coPEN 及 PETG 之材料一般係等向性, 無論多層光學膜中之其他層是否經雙軸或單軸定向。例如, 包括此類材料層之多層光學膜可在高於此等層中使用之材料之玻璃轉移溫度的溫度予以熱固, 以產生等向性層。取決於拉伸條件及熱固溫度, 一些材料之層(例如, PHEN)可經單軸定向、雙軸定向、或等向性。例如, PHEN 層可經雙軸或單軸定向, 或

PHEN 層可在高於 PHEN 之玻璃轉變溫度予以熱固以產生等向性層，即使在層已經單軸或雙軸向地拉伸之後。

材料	定向	n_x	n_y	n_z
PEN	單軸	1.85	1.60	1.50
PEN	雙軸	1.7661	1.7379	1.4917
sPS	單軸	1.51	1.62	1.62
sPS	雙軸	1.57	1.57	1.62
PET	單軸	1.68	1.58	1.51
PET	雙軸	1.6720	1.6466	1.4927
PET	等向性	1.574	1.574	1.574
PHEN	單軸	1.83	1.59	1.51
PHEN	雙軸	1.71	1.71	1.51
PHEN	等向性	1.62	1.62	1.62
苯乙烯嵌段共聚物	等向性	1.49	1.49	1.49
THV	等向性	1.36	1.36	1.36
PMMA	等向性	1.49	1.49	1.49
coPMMA	等向性	1.49	1.49	1.49
丙烯酸嵌段共聚物	等向性	1.48	1.48	1.48
coPEN	等向性	1.60	1.60	1.60
PETG	等向性	1.56	1.56	1.56

【0032】 在一些實施例中，各光學重複單元之各個別層對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之可見光波長範圍中之至少一個波長具有在 x、y、及 z 方向之各者約 1.3 至約 1.9 範圍中的折射率。在一些實施例中，各光學重複單元之各個別層對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之可見光波長範圍中之至少一個波長具有在 x、y、及 z 方向中之任何兩者小於約 0.4、或小於約 0.36 的最大折射率差。在一些實施例中，對於該至少一個波長沿 x、y、及 z 方向之各者，光學重複單元之個別層的最大折射率差小於約 0.55、或小於約 0.5、或小於約 0.45。在一些實施例中，對於該至少一個波長沿相同方向（例如，x、y、及 z 方向

之一者)，在光學重複單元中之個別層的最大折射率差大於約 0.05、或大於約 0.07、或大於約 0.1、或大於約 0.15、或大於約 0.2、或大於約 0.22、或大於約 0.25。在一些實施例中，當折射率差（例如，相同層在不同方向的折射率差，或不同層沿相同方向的折射率差）據稱對於該至少一個波長大於一指定值，該差可例如至多約 0.55、或至多約 0.5、或至多約 0.45、或至多約 0.4、或至多約 0.35、或至多約 0.3。

【0033】 在一些實施例中，各光學重複單元包括至少四個個別層，其包括更雙折射第一個別層（例如，A 及 C 層中之一者）及較不雙折射第二個別層（例如，A 及 C 層之另一者）。例如，在一些實施例中，第一個別層包含聚萘二甲酸乙二酯(PEN)或聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物(PHEN)；及第二個別層包含：間規聚苯乙烯(sPS)；聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)；甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物；共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物(coPEN)；或四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物(THV)。作為另一實例，在一些實施例中，第一個別層包含聚對苯二甲酸乙二酯(PET)，且至少第二個別層包含四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物。例如，至少四個個別層可包括至少第三層，該至少第三層可包括例如苯乙烯嵌段共聚物、丙烯酸嵌段共聚物、或乙二醇改質之聚對苯二甲酸乙二酯(PENG)。描述為包含聚合材料之任何層可係該聚合材料之一層。例如，包含 PEN 之層可係 PEN 層。

【0034】 在一些實施例中，對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中之至少一波長： n_{x1} 大於 n_{y1} 及 n_{z1} 中之至少

一者達至少 0.15； n_{x2} 、 n_{y2} 、與 n_{z2} 之間的一最大差之一量值小於約 0.15；且 n_{x1} 大於 n_{x2} 達至少 0.15、或至少 0.17、或至少 0.2、或至少 0.22、或至少 0.25、或至少 0.28、或至少 0.3、或至少 0.32。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 大於 n_{x2} 達例如至多約 0.45、或至多約 0.4、或至多約 0.35。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 大於 n_{y1} 及 n_{z1} 之各者達至少 0.15。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 大於 n_{y1} 及 n_{z1} 之一者（但不適用於另一者）達至少 0.15。三個量之間的最大差係該三個量中之最大者減去該三個量中之最小者。在一些實施例中， n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 中之至少一者（例如，達至少 0.005、或至少 0.01、或至少 0.02、或至少 0.03）。在一些實施例中， n_{x2} 、 n_{y2} 、與 n_{z2} 之間的最大差之量值小於 0.1、或小於 0.05、或小於 0.02。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 大於 n_{y1} 與 n_{z1} 之至少一者達至少 0.17、或至少 0.2、或至少 0.22、或至少 0.25。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 大於 n_{y1} 與 n_{z1} 之至少一者達例如至多約 0.45、或至多約 0.4、或至多 0.35。例如，在一些實施例中，第一個別層在 633 nm 具有分別約 1.85、1.60、及 1.50 之折射率 n_{x1} 、 n_{y1} 、 n_{z1} 之單軸定向 PEN 層，且第二個別層在 633 nm 具有分別約 1.51、1.62、及 1.62 之折射率 n_{x2} 、 n_{y2} 、 n_{z2} 之單軸定向 sPS 層。作為另一實例，在一些實施例中，第一個別層在 633 nm 具有分別約 1.76、1.74、及 1.49 之折射率 n_{x1} 、 n_{y1} 、 n_{z1} 之雙軸定向 PEN 層，且第二個別層在 633 nm 具有分別約 1.57、1.57、及 1.62 之折射率 n_{x2} 、 n_{y2} 、 n_{z2} 之雙軸定向

sPS 層。在一些實施例中，至少第三層（例如，B1 及/或 B2）具有沿各別 x、y、及 z 方向之各別折射率 n_{x3} 、 n_{y3} 、及 n_{z3} ，其中對於至少一個波長， n_{x2} 大於 n_{x3} 達至少 0.005、或至少 0.01、或至少 0.02、或至少 0.05。例如，第一層及第二層可如上文所描述，且第三層可係在 633 nm 具有在各方向中約 1.49 之折射率的苯乙烯嵌段共聚物層。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x3} 大於 n_{x2} 達至少 0.05 或至少 0.1。例如，第一層及第三層可如上文所描述，且第二層可係在 633 nm 具有在各方向中約 1.36 之折射率的 THV 層。在一些實施例中，對於至少一個波長， $|n_{x2} - n_{x3}|$ 小於 0.02、或小於 0.01、或小於 0.007、或小於 0.005。例如，第三層可係在 633 nm 具有在各方向約 1.49 之折射率的苯乙烯嵌段共聚物層，而第二層可係在 633 nm 具有在各方向約 1.49 之折射率的 PMMA 或 coPMMA 層。

【0035】 在一些實施例中，對於各光學重複單元，第一個別層（例如，A 及 C 層中之一者）係正雙折射（在拉伸方向折射率增加）及第二個別層（例如，A 及 C 層之另一者）係負雙折射（在拉伸方向折射率減少）。例如，在一些實施例中，第一個別層包含聚萘二甲酸乙二酯(PEN)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、或聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物(PHEN)，且在一些此類實施例中，或在其他實施例中，第二個別層包含間規聚苯乙烯(sPS)。

【0036】 在一些實施例中，對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中之至少一波長： n_{x1} 大於 n_{y1} 及 n_{z1} 中之至少一者達至少 0.15； n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 中之至少一者；且 n_{x1} 大於

nx_2 達至少 0.15、或至少 0.17、或至少 0.2、或至少 0.22、或至少 0.25。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_1 大於 ny_1 及 nz_1 之各者達至少 0.15，且 nx_2 小於 ny_2 及 nz_2 之各者達至少 0.05。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_1 大於 ny_1 及 nz_1 之一者（但不適用於另一者）達至少 0.15。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_2 小於 nz_2 達至少 0.03，且 $|nx_2 - ny_2| < 0.005$ 。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_2 小於 nz_2 達至少 0.04，且 $|nx_2 - ny_2| < 0.003$ 。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_1 大於 ny_1 與 nz_1 之至少一者達至少 0.17、或至少 0.2、或至少 0.22、或至少 0.25。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_1 大於 ny_1 與 nz_1 之至少一者達例如至多約 0.45、或至多約 0.4、或至多約 0.35。例如，第一個別層可係沿 x 方向經單軸拉伸或沿 x 及 y 方向經雙軸拉伸之 PEN、PHEN、或 PET 層，且第二個別層可係沿 x 方向經單軸拉伸或沿 x 及 y 方向經雙軸拉伸之 sPS 層。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_2 小於 ny_2 達至少 0.005、或至少 0.01、或至少 0.02、或至少 0.05、或至少 0.1。在一些實施例中，對於至少一個波長， nx_2 與 ny_2 之間的一差之一量值小於 0.005、或小於 0.003、或小於 0.002。在一些實施例中，對於至少一個波長， nz_2 大於 nz_1 達至少 0.005、或至少 0.01、或至少 0.02、或至少 0.05、或至少 0.1。

【0037】 在一些實施例中，對於各光學重複單元，第一個別層（例如，A 及 C 層中之一者）係實質上等向性，且第二個別層（例如，A 及 C 層之另一者）係負雙折射。例如，在一些實施例中，第一

個別層包含共聚羸二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物(coPEN)或聚羸二甲酸己基乙二酯共聚物(PHEN)；及第二個別層包含間規聚苯乙烯(sPS)。

【0038】 在一些實施例中，對於在從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中之至少一個波長： n_{x1} 、 n_{y1} 、與 n_{z1} 之間的最大差之量值小於 0.05； n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 中之至少一者；在一些實施例中， n_{x1} 大於 n_{x2} 達至少 0.07、或至少 0.08、或至少 0.09、或至少 0.1。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 大於 n_{x2} 達例如至多 0.25、或至多 0.2、或至多 0.15。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 之各者達至少 0.05、或至少 0.06、或至少 0.07。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 之各者達例如至多 0.2、或至多 0.15、或至多 0.12。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x2} 小於 n_{z2} 達至少 0.03，且 $|n_{x2}-n_{y2}| < 0.005$ 。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x2} 小於 n_{z2} 達至少 0.04，且 $|n_{x2}-n_{y2}| < 0.003$ 。例如，第一個別層可係 coPEN 層，且第二個別層可係經單軸或雙軸拉伸之 sPS 層。作為另一實例，第一個別層可係等向性 PHEN 層，且第二個別層可係經單軸或雙軸拉伸之 sPS 層。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 、 n_{y1} 、及 n_{z1} 之間的最大差之量值小於 0.04、或小於 0.03、或小於 0.02、或小於 0.01、或小於 0.005。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 之至少一者達至少 0.005、或至少 0.01、或至少 0.02、或至少 0.05、或至少 0.1。

【0039】 在一些實施例中，光學膜 300 係一多層光學鏡。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，光學重複單元 10 之各者包括至少四個依序配置之第一至第四個別層。第一至第四個別層可例如在圖 1B 之正或負 z 方向予以依序標示，且起始（第一）層可係例如 A 層或 C 層。例如，A、B1、C、B2 可被識別為包括依序配置之第一至第四個別層的一光學重複單元；或 A、B2、C、B1 可識別為包括依序配置之第一至第四個別層的一光學重複單元；或 C、B2、A、B1 可識別為包括依序配置之第一至第四個別層的一光學重複單元；或 C、B1、A、B2 可識別為包括依序配置之第一至第四個別層的一光學重複單元。光學重複單元 10 之總數可係在本文他處描述之範圍中之任一者中，且光學重複單元 10 之一組合平均厚度可在本文他處描述之範圍中之一者中。至少四個依序配置之第一至第四個別層可具有在本文他處描述之各別範圍中之任一者的厚度。在一些實施例中，對於光學重複單元 10 之各者，第二及第四個別層（B1 及 B2）之各者之一平均厚度小於約 30 nm、或小於約 20 nm、或小於約 15 nm、或小於約 10 nm、或小於約 7.5 nm。在一些實施例中，對於光學重複單元 10 之各者，第二及第四個別層（例如，B1 及 B2）之各者之一平均厚度例如在約 1 nm 至約 30 nm 或約 3 nm 至約 20 nm 之範圍中。

【0040】 光學重複單元 10 之各者之第一個別層（例如，A 及 C 之一者）及第三個別層（例如，A 及 C 之另一者）可具有沿一相同面內 x 方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該 x 方向正交的一面內 y 方向之各別折射率 n_{y1} 與 n_{y2} 、及沿與 x 及 y 方向正交的一 z 方向之各

別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} 。在一些實施例中，對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之一可見光波長範圍中之至少一波長： n_{x1} 及 n_{y1} 可大於各別 n_{x2} 及 n_{y2} 達至少 0.1，且 n_{z2} 可大於 n_{z1} 達至少 0.05。在一些實施例中，第一個別層包含聚萘二甲酸乙二酯(PEN)、聚對苯二甲酸乙二酯(PET)、或聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物(PHEN)，且在一些此類實施例中，或在其他實施例中，第三個別層包含間規聚苯乙烯(sPS)。例如，在一些實施例中，第一個別層在 633 nm 具有分別約 1.76、1.74、及 1.49 之折射率 n_{x1} 、 n_{y1} 、 n_{z1} 之雙軸定向 PEN 層，且第三個別層在 633 nm 具有分別約 1.57、1.57、及 1.62 之折射率 n_{x2} 、 n_{y2} 、 n_{z2} 之雙軸定向 sPS 層。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，第二層及第四層係在 633 nm 具有在各方向約 1.49 之折射率的苯乙烯嵌段共聚物層。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 及 n_{y1} 大於各別 n_{x2} 及 n_{y2} 達至少 0.12、或至少 0.14、或至少 0.16、或至少 0.18。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{x1} 及 n_{y1} 大於各別 n_{x2} 及 n_{y2} 達例如至多約 0.45、或約 0.4、或約 0.35、或約 0.3。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{z2} 大於 n_{z1} 達至少 0.06、或至少 0.07、或至少 0.08、或至少 0.09、或至少 0.1、或至少 0.11、或至少 0.12。在一些實施例中，對於至少一個波長， n_{z2} 大於 n_{z1} 達例如至多約 0.3、或至多約 0.25。在一些實施例中，光學膜 300 係利用負雙折射層（例如，sPS）的多層光學鏡，以藉由相對於在較小入射角（例如， θ_1 ）的透射率降低較大入射角（例如， θ_2 ）的透射率而達成準直效應（參見例如圖 9A）。

【0041】 例如，在 420 nm 至 680 nm 之範圍中的至少一個波長可係或包括在 430 nm 至 670 nm 之範圍中、在 450 nm 至 650 nm 之範圍中、或在 480 nm 至 640 nm 範圍中的至少一個波長。例如，在 420 nm 至 680 nm 之範圍中之至少一個波長可係或包括 633 nm。

【0042】 在一些實施例中，光學膜 300 係一反射偏振器。圖 4A 至圖 4B 係根據一些實施例之對於在入射平面 40（參見例如圖 2A 至圖 2B）中入射於反射偏振器上之光 30，反射偏振器之複數個光學重複單元之光學透射率的示意標繪圖。當反射偏振器的面內第一方向（x 方向）位於入射平面 40 中時，對於 s 偏振狀態 32，光學透射率 50 及 60 分別係針對第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 （參見例如，圖 1A）。當反射偏振器的面內第二方向（y 方向）位於入射平面 40 中時，對於 p 偏振狀態 31，光學透射率 150 及 160 分別係針對第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 。在自 λ_1 （例如，約 400 nm、或約 420 nm、或約 450 nm）延伸至 λ_2 （例如，約 650 nm 或約 680 nm 或約 700 nm）之可見光波長範圍內，光學透射率 150 及 160 具有各別平均值 T1 及 T2。自 λ_1 延伸至 λ_2 的可見光波長範圍可係例如約 420 nm 至約 680 nm。在自 λ_3 （例如，約 720 nm、或約 750 nm、或約 800 nm）延伸至 λ_4 （例如，約 1150 nm、或約 1200 nm、或約 1250 nm、或約 1300 nm）的紅外光波長範圍內，光學透射率 150、160、50、及 60 具有各別平均值 T3、T4、T5、及 T6。自 λ_3 延伸至 λ_4 的紅外光波長範圍可例如係約 750 nm 至約 1200 nm。在一些實施例中，當反射偏振器之面內第二方向位於入射平面 40 中時，且對於自 λ_1 延伸至 λ_2 的可見光波

長範圍（例如，約 420 nm 至約 680 nm）、及對於 p 偏振狀態 31，複數個光學重複單元 10 具有用於各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 的平均光學透射率 T1 及 T2，其中 T2 大於 T1 達至少 5% 或至少 7%。在一些實施例中，對於第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 之各者、對於 s 偏振狀態 32 且第一方向位於入射平面中及對於 p 偏振狀態且第二方向位於入射平面中、及對於自 λ_3 延伸至 λ_4 的紅外光波長範圍（例如，約 750 nm 至約 1200 nm），複數個光學重複單元具有大於約 40%、或大於約 45%、或大於約 50%、或大於約 55%、或大於約 60% 的平均光學透射率（例如，T3、T4、T5、T6）。

【0043】 當反射偏振器的面內第一方向（x 方向）位於入射平面 40 中時，對於 p 偏振狀態 31，圖 4B 之光學透射率 50 及 60 分別係針對第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 （參見例如，圖 1A）。當反射偏振器的面內第二方向（y 方向）位於入射平面 40 中時，對於 s 偏振狀態 32，光學透射率 150 及 160 分別係針對第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 。在自 λ_1 延伸至 λ_2 的可見光波長範圍內，光學透射率 150' 及 160' 具有各別平均值 T1' 及 T2'。在自 λ_3 延伸至 λ_4 的紅外光波長範圍內，光學透射率 150'、160'、50' 及 60' 具有各別平均值 T3'、T4、T5' 及 T6'。T1'、T2'、T3'、T4'、T5'、及 T6' 可在針對 T1、T2、T3、T4、T5、及 T6 所描述之各別範圍中之任一者。在一些實施例中，對於第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 之各者、對於 s 偏振狀態及 p 偏振狀態之各者、對於位於入射平面 40 中之第一方向及第二方向之各者、及對於從約 750 nm 延伸至約 1200 nm 的紅外光波長範圍，複數個光

學重複單元具有大於約 40%、或大於約 45%、或大於約 50%、或大於約 55%、或大於約 60% 的平均光學透射率（例如，T3、T4、T5、T6、T3'、T4'、T5'、T6'）。

【0044】 在一些實施例中，對於位於入射平面 40 中之第一方向及 s 偏振狀態 32，複數個光學重複單元 10 具有對於各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 的相對於波長之第一光學透射率 50 及第二光學透射率 60，其中第一光學透射率 50 及第二光學透射率 60 具有各別第一透射頻帶邊緣 51 及第二透射頻帶邊緣 61。在一些實施例中，頻帶邊緣 51 及/或 61 具有陡峭斜率（例如，大於約 1.3%/nm）。可藉由在光學重複單元之堆疊的端部處包括具有實質上傾斜厚度輪廓之層而使頻帶邊緣斜率陡峭，如例如大致上描述於例如美國專利第 6,967,778 號（Wheatley 等人）中。然而，根據一些實施例，已發現使用具有如本文所描述之至少四個個別層的光學重複單元會導致陡峭頻帶邊緣，而無需包括具有實質上傾斜厚度輪廓。在一些實施例中，至少跨沿該光學透射率從約 10% 增加至約 50% 的透射頻帶邊緣之一波長範圍，對該等第一及第二頻帶邊緣（分別地 51 及 61）之各者之一最佳線性擬合（52 及 62）具有大於約 1.3%/nm、或大於約 1.4%/nm、或大於約 1.5%/nm、或大於約 1.6%/nm、或大於約 1.7%/nm、或大於約 1.8%/nm、大於約 1.9%/nm、或大於約 2%/nm 之正斜率（分別地 S1 及 S2）。在一些實施例中，最佳線性擬合 52 及 62 之各者具有大於約 0.7 之 r 平方值。在一些實施例中，最佳線性擬合 52 及 62 之至少一者具有大於約 0.8 之 r 平方值。本文所描述之最佳線性擬合可係所屬技術

領域中已知的線性最小平方擬合。此類擬合最小化殘差平方和，其中殘差係資料與擬合線之間的差。最小平方分析允許判定 r 平方值，有時稱為判定係數。

【0045】 光學重複單元之厚度判定由光學重複單元反射之波長，而光學重複單元中之層之間的折射率差判定反射之強度。因此，圖 4A 至圖 4B 之光學透射率可例如藉由適合地選擇層材料而達成，以定義折射率差及層厚度輪廓之適合選擇。在一些實施例中，A 層係經單軸定向之 PEN 層，C 層係經單軸定向之 sPS 層，且 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層。圖 5 係可由此等材料形成之反射偏振器的層厚度對光學重複單元數目的標繪圖。替代地，圖 5 之層厚度輪廓可用於光學鏡或其他多層光學膜。B1、B2 層具有在各光學重複單元中之 5 nm 的厚度，而 A 及 C 層的厚度大致上跨反射偏振器之厚度增加。在一些實施例中，當光學重複單元從光學膜之一側至光學膜之一相對側依序編號，對於 A 層及對於 C 層的層厚度對光學重複單元數目具有大致上凹口向上形狀，而 B 層具有實質上恆定的厚度（例如，跨光學膜之厚度變化小於 10% 或小於 5%）。圖 5 之反射偏振器之光學重複單元具有約 14 微米之一組合平均厚度。

【0046】 鑑於多層光學膜之層的折射率及層厚度，可使用習知光學模型化技術來計算光學膜之光學透射光譜。圖 6A 係當 A 層係經單軸定向之 PEN 層、C 層係經單軸定向之 sPS 層，且 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層時，對於在入射平面 40（參見例如圖 2A 至圖 2B）中入射於反射偏振器上之光 30，具有圖 5 中所展示之層厚度輪廓的反射

偏振器之複數個光學重複單元的所計算光學透射率的標繪圖。例如，當 B1 及 B2 層係例如丙烯酸嵌段共聚物層、PMMA 層、或 coPMMA 層時，可獲得類似光學透射率。對於圖 6A，在第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 分別係零及 60 度的情況中，光學透射率 50、60、150、及 160 係針對對於圖 4A 之對應光學透射率所描述的偏振狀態及入射角。對於從約 420 nm 延伸至約 680 nm 之可見光波長範圍，當反射偏振器之面內第二方向位於入射平面 40 中時，複數個光學重複單元對於 p 偏振狀態 31 具有對於各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 的 87.7% 及 96.5% 之平均光學透射率，且當反射偏振器之面內第一方向位於入射平面 40 中時，對於 s 偏振狀態 32 具有對於各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 的 1.4% 及 0.0% 之平均光學透射率。對於從約 750 nm 延伸至約 1200 nm 之紅外光波長範圍，當反射偏振器之面內第二方向位於入射平面 40 中時，複數個光學重複單元對於 p 偏振狀態 31 具有對於各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 的 90.0% 及 99.8% 之平均光學透射率，且當反射偏振器之面內第一方向位於入射平面 40 中時，對於 s 偏振狀態 32 具有對於各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 的 62.1% 及 53.1% 之平均光學透射率。

【0047】 圖 6B 係圖 6A 之標繪圖之一部分，其經展開以展示光學透射率自約 10% 增加至約 50% 的區域。對跨沿其中光學透射率從約 10% 增加至約 50% 的透射頻帶邊緣之波長範圍的各別第一頻帶邊緣 51 及第二頻帶邊緣 61 的最佳線性擬合 52 及 62 分別具有約 2.01%/nm 及 2.08%/nm 之各別正斜率 S1 及 S2。

【0048】 在一些實施例中，A 層係經單軸定向之 PHEN 層，C 層係 THV 層，且 B1 及 B2 層係 coPMMA 層。圖 7 係可由此等材料形成之反射偏振器的層厚度對光學重複單元數目的標繪圖。替代地，圖 7 之層厚度輪廓可用於光學鏡或其他多層光學膜。B1 及 B2 層各具有在各光學重複單元中之 5 nm 的厚度且 A 及 C 層的厚度大致上跨反射偏振器之厚度增加。反射偏振器之複數個光學重複單元具有 15 微米之一組合平均厚度。圖 8 係當 A 層係經單軸定向之 PHEN 層、C 層係 THV 層，且 B1 及 B2 層係 coPMMA 層時，對於在入射平面 40（參見例如圖 2A 至圖 2B）中入射於反射偏振器上之光 30，具有圖 7 中所展示之厚度輪廓的反射偏振器之複數個光學重複單元的所計算光學透射率的標繪圖。例如，當 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層、丙烯酸嵌段共聚物層、或 PMMA 層時，可獲得類似光學透射率。對於圖 8，在第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 分別係零及 60 度的情況中，光學透射率 50、60、150、及 160 係針對對於圖 4A 之對應光學透射率所描述的偏振狀態及入射角。對於第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 之各者，與圖 6A 的反射偏振器相比較，圖 8 的反射偏振器在 420 nm 至 680 nm 之可見光波長範圍內具有實質上較低的平均光學透射率。

【0049】 在一些實施例中，光學膜 300 係一多層光學鏡。圖 9A 至圖 9B 係入射在多層光學鏡上之入射光 30、130、或 230 之光學透射率的標繪圖。光學透射率 250、250'、250'' 係針對第一入射角 θ_1 （其可小於約 5 度，或可在本文他處針對 θ_1 所述之任何範圍中），及光學透射率 260、260'、260'' 係針對第二入射角 θ_2 （其可大於約 40 度或

可在本文他處針對 θ_2 所述之任何範圍中)。光學透射率 250 及 260 可係針對任何指定偏振狀態或針對未偏振入射光。光學透射率 250' 及 260' 係針對 s 偏振光，且光學透射率 250'' 及 260'' 係針對 p 偏振光。在一些實施例中，光學透射率對於相互正交第一及第二偏振狀態（例如，對於 p 偏振狀態 31 及 s 偏振狀態 32 之各者，或對於 p 偏振狀態 31 及 s 偏振狀態 32 之兩個互相正交線性組合之各者）大小相同。在一些實施例中，對於入射在多層光學鏡上之光 30、對於互相正交的第一偏振狀態及第二偏振狀態之各者、及對於自 λ_1 延伸至 λ_2 （例如，從約 420 nm 至約 680 nm）的可見光波長範圍，複數個光學重複單元 10 具有對於第一入射角 θ_1 之平均光學透射率 T1 及對於第二入射角 θ_2 之平均光學透射率 T2，其中 $T_1/T_2 \geq 1.2$ 、或 $T_1/T_2 \geq 1.4$ 、或 $T_1/T_2 \geq 1.6$ 、或 $T_1/T_2 \geq 1.8$ 、或 $T_1/T_2 \geq 2$ 、或 $T_1/T_2 \geq 2.2$ 、或 $T_1/T_2 \geq 2.4$ 、或 $T_1/T_2 \geq 2.6$ 。例如， T_1/T_2 可係至多 10、或至多 8、或至多 6、或至多 5。

【0050】 在一些實施例中，由於 A 層具有之面內折射率大於 C 層之對應面內折射率，同時 C 層在厚度方向具有之折射率大於 A 層的折射率，所以 T1 大於 T2。在一些實施例中，此係使用負雙折射 C 層而達成。例如，A 層可係在 633 nm 具有分別約 1.76、1.74、及 1.49 之折射率 n_{x1} 、 n_{y1} 、 n_{z1} 之雙軸定向 PEN 層，且 C 層可係在 633 nm 具有分別約 1.57、1.57、及 1.62 之折射率 n_{x2} 、 n_{y2} 、 n_{z2} 之雙軸定向 sPS 層。在其他實施例中，T1 可約等於 T2，或 T1 可小於 T2。在一些實施例中，對於入射在多層光學鏡上之光 30、對於互相正交的第一偏

振狀態及第二偏振狀態之各者、及對於自 λ_3 延伸至 λ_4 (例如, 從約 750 nm 至約 1200 nm) 的紅外光波長範圍, 複數個光學重複單元 10 具有對於第一入射角 θ_1 之平均光學透射率 T_3 及對於第二入射角 θ_2 之平均光學透射率 T_4 , 其中 T_3 及 T_4 各大於約 40%、或大於約 45%、或大於約 50%、或大於約 55%、或大於約 60%。

【0051】 例如, 圖 9A 至圖 9B 之光學透射率可藉由適合地選擇層材料而達成, 以定義折射率差及層厚度輪廓之適合選擇。在一些實施例中, A 層係經雙軸定向之 PEN 層, C 層係經雙軸定向之 sPS 層, 且 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層。圖 10 係可由此等材料形成之光學鏡的層厚度對光學重複單元數目的標繪圖。替代地, 圖 10 之層厚度輪廓可用於反射偏振器或其他多層光學膜。B1、B2 層具有在各光學重複單元中之 5 nm 的厚度, 而 A 及 C 層的厚度大致上跨光學鏡之厚度增加。光學鏡之光學重複單元具有約 14 微米之一組合平均厚度。圖 11 係當 A 層係經雙軸定向之 PEN 層、C 層係經雙軸定向之 sPS 層, 且 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層時, 對於在入射平面 40 (參見例如圖 2A 至圖 2B) 中入射於光學鏡上之非偏振光, 具有圖 10 中所展示之厚度輪廓的光學鏡之複數個光學重複單元的所計算光學透射率的標繪圖。例如, 當 B1 及 B2 層係例如丙烯酸嵌段共聚物層、PMMA 層、或 coPMMA 層時, 可獲得類似光學透射率。對於圖 11, 在第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 分別係零及 60 度的情況中, 光學透射率 250 及 260 係針對如對於圖 9A 所描述之各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 。

【0052】 在一些實施例中，A 層係等向性 PHEN 層，C 層係經雙軸定向之 sPS 層，且 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層。圖 12 係可由此等材料形成之光學鏡的層厚度對光學重複單元數目的標繪圖。替代地，圖 12 之層厚度輪廓可用於反射偏振器或其他多層光學膜。B1、B2 層具有在各光學重複單元中之 5 nm 的厚度，而 A 及 C 層的厚度大致上跨光學鏡之厚度增加。光學鏡之光學重複單元具有 28 微米之一組合平均厚度。圖 13 係當 A 層係等向性 PHEN 層、C 層係經雙軸定向之 sPS 層，且 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層時，對於在入射平面 40°（參見例如圖 2A 至圖 2B）中入射於鏡上之非偏振光，具有圖 12 中所展示之厚度輪廓的光學鏡之複數個光學重複單元的所計算光學透射率的標繪圖。例如，當 B1 及 B2 層係例如丙烯酸嵌段共聚物層、PMMA 層、或 coPMMA 層時，可獲得類似光學透射率。對於圖 13，在第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 分別係零及 60 度的情況中，光學透射率 250 及 260 係針對如對於圖 9A 所描述之各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 。在圖 12 至圖 13 之實施例中，與 60 度之入射角相比，在法線入射下的 420 nm 至 680 nm 之可見光波長中之平均透射率較大。

【0053】 在一些實施例中，A 層皆係經雙軸定向之 PHEN 層，C 層係 THV 層，且 B1 及 B2 層係 coPMMA 層。圖 14 係可由此等材料形成之光學鏡的層厚度對光學重複單元數目的標繪圖。替代地，圖 14 之層厚度輪廓可用於反射偏振器或其他多層光學膜。B1、B2 層具有在各光學重複單元中之 5 nm 的厚度，而 A 及 C 層的厚度大致上跨光學

鏡之厚度增加。光學鏡之光學重複單元具有約 15 微米之一組合平均厚度。圖 15 係當 A 層係經雙軸定向之 PHEN 層、C 層係 THV 層，且 B1 及 B2 層係 coPMMA 層時，對於在入射平面 40（參見例如圖 2A 至圖 2B）中入射於光學鏡上之非偏振光，具有圖 14 中所展示之厚度輪廓的光學鏡之複數個光學重複單元的所計算光學透射率的標繪圖。例如，當 B1 及 B2 層係苯乙烯嵌段共聚物層、丙烯酸嵌段共聚物層、或 PMMA 層時，可獲得類似光學透射率。對於圖 15，在第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 分別係零及 60 度的情況中，光學透射率 250 及 260 係針對如對於圖 9A 所描述之各別第一入射角 θ_1 及第二入射角 θ_2 。在圖 14 至圖 15 之實施例中，當光學重複單元具有僅約 15 微米之一組合平均厚度時，在法線入射下的 420 nm 至 680 nm 之可見光波長中之平均透射率小於約 5%。

【0054】 當在 90 度剝離角下測量時，且本文所描述之多層光學膜、反射偏振器、及多層光學鏡可具有至少約 14 克/吋（至少約 5.5 g/cm）的複數個光學重複單元中之個別層的層間黏著性。在一些實施例中，當以 90 度剝離角測量時，複數個光學重複單元中之個別層的層間黏著性係至少約 16、18、20、22、25、27、30、32、35、37、40、45、50、或 55 克/吋。在一些實施例中，層間黏著性可例如係至多約 400 克/吋、或至多約 200 克/吋、或至多約 150 克/吋、或至多約 120 克/吋。在一些實施例中，該層間黏著性在例如約 14 克/吋至約 400 克/吋、或約 20 克/吋至約 200 克/吋的範圍內。可藉由適合於 A、B1、C、及 B2 層之材料選擇而使剝離力增加。例如，B1、B2 層可經

選擇以具有 A 與 C 層的適足之接合，即使當 A 及 C 層將具有彼此不良直接接合時。在一些實施例中，B1、B2 層可係 A 及 C 層中所使用之聚合物的共聚物。在本文他處進一步描述 A、B1、C、及 B2 層之適合材料。已發現，可根據一些實施例，藉由當拉伸膜時降低溫度（例如，從約 135°C 降低至約 120°C 或至約 115°C）及/或藉由增加用於拉伸膜的拉伸比（例如，從沿拉伸方向的約 5 之拉伸比至沿拉伸方向的約 6 之拉伸比），可進一步增加層間黏著性。

【0055】 圖 16 係測試多層光學膜 300 之層間黏著性的示意圖。多層光學膜 300 經由雙面膠帶 151 接合至基材 360（例如，剛性玻璃基材）。接著，例如使用剃刀片以形成切口 170 至光學膜 300 中。接下來，另一片膠帶 152 用以從光學膜 300 之剩餘部分 332 剝離與切口 170 相鄰的光學膜 300 之一部分 331 之一端部 333。然後，可藉由在界定 90 度剝離角 ϕ 的遠離基材 360 之方向（z 方向）拉動膠帶 152 來測量剝離力。光學膜 300 之每單位寬度（x 方向之尺寸）的剝離力係層間黏著性。在一些實施例中，使用 12 吋/分鐘的拉速（亦稱為衝頭速度(crosshead speed)）及計算至少約 5 秒時間所測量力的平均值，來判定剝離力。在一些實施例中，每單位寬度的剝離力係根據 ASTM D6862 - 11 (Reapproved 2016)測試標準判定之平均阻力對剝離強度，惟使用 12 吋/分鐘之衝頭速度除外。在一些實施例中，複數個光學重複單元中之個別層的層間黏著性係至少約 14 克/吋，或層間黏著性可在本文他處所述之任何範圍中，其中層間黏著性判定為根據 ASTM D6862 - 11 (Reapproved 2016)測試標準所測量之平均阻力對剝離強

度，惟在多層光學膜 300 之下部分 332 接合至基材 360 時使用 12 吋/分鐘之衝頭速度以 90 度剝離角從下部分 332 拉開多層光學膜 300 之上部分 331 除外。

實例

材料	說明	獲自
PEN	聚萘二甲酸乙二酯	如美國專利第 10,001,587 號 (Liu) 第 0044 段所描述來製作
低熔融 PEN	以總羧酸酯基團計，共聚萘二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物包括 90 莫耳百分比的萘二羧酸酯基團	如美國專利第 10,001,587 號 (Liu) 第 0045 段針對 CoPEN9010 所描述來製作
PET	聚對苯二甲酸乙二酯	Nan Ya Plastics Corporation, America (Lake City, SC)
PEN/PET	以 70 份 PEN 對 30 份 PET 之重量比的 PEN 及 PET 摻合物	藉由摻合 70 份 PEN 及 30 份 PET 來製作
sPS	間規聚苯乙烯	Idemitsu Kosan Co., Ltd. (Tokyo, Japan)
KRATON G1645	可以商標名稱 KRATON G1645 購得的苯乙烯嵌段共聚物	KRATON Polymers (Houston, TX)
KRATON G1657	可以商標名稱 KRATON G1657 購得的苯乙烯嵌段共聚物	KRATON Polymers (Houston, TX)
PETG	可以商標名稱 GN071 購得的乙二醇改質之 PET	Eastman Chemical Company (Kingsport, TN)

【0056】 使用 151 層進料器及模具製作包括 37 個 A 層、76 個 B 層及 38 個 C 層之多層光學膜。A、B、及 C 層係配置成 ABCB 重複單元之光學層。另外，藉由透過 25 mm 雙螺桿擠製機(TSE)將下表中針對 A 層所指示的樹脂以 20 磅/小時之進料速率擠出通過頸管及齒輪泵來添加最外表層。此熔融訓練使用漸進溫度擠壓曲線 (progressive temperature extrusion profile)，其中峰值溫度係 280°C。藉由透過 27 mm TSE 將下表中所指示的樹脂以進料速率擠出通過頸管及齒輪泵至

151 層進料器及模具的對應 A 層中來生產 A 層，其中漸進溫度量變曲線峰值係 280°C，惟針對 A 層所列之材料之約 20%用於在光學層及表層之間形成保護邊界層除外。藉由透過 18 mm TSE 將下表中所指示的樹脂以進料速率擠出通過頸管及齒輪泵至 151 層進料器及模具的對應 B 層中來生產 B 層，其中使用峰值係 260°C 的漸進溫度量變曲線。藉由透過 27 mm TSE 將下表中所指示的樹脂以進料速率擠出通過頸管及齒輪泵至 151 層進料器及模具的對應 C 層中來生產 C 層，其中漸進溫度量變曲線的峰值係或約 280°C。進料器使用梯度板，使得 A 及 C 層的厚度在膜之一側係膜之相對側的約 2.5 倍，而 B 層具有跨膜之厚度的標稱恆定厚度。將進料器與模具保持在 285°C 的目標溫度。經擠出的層澆注至以約 50°C 運行的澆鑄輪上以產生澆鑄帶材。

澆鑄帶材編號	A 層材料	A 層進料速率(Lbs/hr)	B 層材料	B 層進料速率(Lbs/hr)	C 層材料	C 層進料速率(Lbs/hr)
W1	低熔融 PEN	10	KRATON G1657	5	sPS	7
W2	低熔融 PEN	10	KRATON G1657	4	sPS	7
W3	低熔融 PEN	10	KRATON G1657	3	sPS	7
W4	低熔融 PEN	10	KRATON G1657	2	sPS	7
W5	低熔融 PEN	10	KRATON G1657	2	sPS	7
W6	低熔融 PEN	10	PETG	5	sPS	7
W7	低熔融 PEN	10	sPS	5	低熔融 PEN	10
W8	PEN	10	KRATON G1645	5	sPS	7
W9	PEN/PET	10	KRATON G1645	5	sPS	7

【0057】 然後，以下表中所指示之拉伸溫度及以每秒 50%之拉伸速率，使用 KARO 批次定方位器（購自 Brückner Maschinenbau GmbH & Co. KG, Siegsdorf, Germany）將這些澆鑄帶材定向。以 1.5（機器方向）乘 5 或 6 之拉伸比來製成實質上單軸定向膜，及以 3 乘 3 之拉伸比來製成實質上雙軸定向膜。在下表中指示用於各種光學膜之拉伸比。

【0058】 大致上如圖 16 所描述來測量下表中所指示之光學膜之各者的層間黏著性。將光學膜切割成 1 吋寬的樣品並將其層壓至具有雙面膠帶（可購自 3M Company, St. Paul, MN 的 SCOTCH 雙面膠帶）151 的玻璃基材 360 中。接著使用剃刀片以形成切口 170 至光學膜 300 中。一片膠帶 152 用於從光學膜 300 之剩餘部分剝離與切口 170 相鄰的光學膜 300 之一部分之一端部 333。接著使用 IMASS SP-2100 (IMASS, inc. Accord, MA) 以 10 磅荷重元來測量層間黏著性，以測量 90 度剝離。拉速設定為 12 吋/分鐘，且剝離力在 2 秒延遲後平均持續 5 秒。重複 4 次。取得平均值並報告為層間黏著性。下表中提供結果。Web W7 利用低熔融 PEN 作為 A 及 C 層兩者，且利用 sPS 作為 B 層，以測試低熔融 PEN 與 sPS 之間間的層間黏著性。

實例	澆鑄帶材編號	拉伸比	拉伸溫度°C	A 層	B 層	C 層	層間黏著性(g/in)
1	W1	1.5x5	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	20.3
2	W2	1.5x5	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	19.8
3	W3	1.5x5	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	19.0
4	W4	1.5x5	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	20.8
5	W5	1.5x5	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	15.8
6	W6	1.5x5	135	低熔融 PEN	PETG	sPS	14.0

CE1	W7	1.5x5	135	低熔融 PEN	sPS	低熔融 PEN	12.0
7	W8	1.5x5	135	PEN	KRATON G1645	sPS	37.3
8	W9	1.5x5	115	PEN/PET	KRATON G1645	sPS	65.0
9	W9	1.5x5	135	PEN/PET	KRATON G1645	sPS	33.0
10	W9	1.5x5	120	PEN/PET	KRATON G1645	sPS	35.3
11	W9	1.5x6	135	PEN/PET	KRATON G1645	sPS	54.5
12	W8	1.5x6	135	PEN	KRATON G1645	sPS	45.8
CE2	W7	1.5x6	135	低熔融 PEN	sPS	低熔融 PEN	15.3
13	W1	3x3	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	16.3
14	W2	3x3	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	16.8
15	W3	3x3	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	15.8
16	W4	3x3	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	18.3
17	W5	3x3	135	低熔融 PEN	KRATON G1657	sPS	25.8
18	W6	3x3	135	低熔融 PEN	PETG	sPS	27.3
CE3	W7	3x3	135	低熔融 PEN	sPS	低熔融 PEN	10.8
19	W8	3x3	135	PEN	KRATON G1645	sPS	33.0
20	W9	3x3	135	PEN/PET	KRATON G1645	sPS	32.0
21	W9	3x3	120	PEN/PET	KRATON G1645	sPS	85.3

【0059】 所屬技術領域中具有通常知識者應理解在本說明書中所使用及描述之內容脈絡中諸如「約(about)」等用語。若所屬技術領域中具有通常知識者不清楚在本說明書中所使用及描述之內容脈絡中如應用以表達特徵大小、量、及實體性質的數量所使用的「約」，則「約」將應理解為意指在指定值之 10 百分比內。就一指定值給定的數量可精確係該指定值。例如，若所屬技術領域中具有通常知識者不清楚在本說明書中所使用及描述之內容脈絡中之具有約 1 的值的數量，意指該數量所具有的值在 0.9 與 1.1 之間，且該值可係 1。

【0060】 於上文中引用的文獻、專利、及專利申請案特此以一致的方式全文以引用方式併入本文中。若併入的文獻與本申請書之間存在不一致性或衝突之部分，應以前述說明中之資訊為準。

【0061】 除非另外指示，否則對圖式中元件之描述應理解成同樣適用於其他圖式中相對應的元件。雖在本文中是以具體實施例進行說

明及描述，但所屬技術領域中具有通常知識者將瞭解可以各種替代及/或均等實施方案來替換所示及所描述的具體實施例，而不偏離本揭露的範疇。本申請案意欲涵括本文所討論之特定具體實施例的任何調適形式或變化形式或組合形式。因此，本揭露意圖僅受限於申請專利範圍及其均等者。

【符號說明】

【0062】

10:光學重複單元

20:第一表層

21:第二表層

30:光

31:p 偏振狀態

32:s 偏振狀態

40:入射平面

50:光學透射率

50':光學透射率

51:頻帶邊緣

52:最佳線性擬合

60:光學透射率

60':光學透射率

61:頻帶邊緣

62:最佳線性擬合

- 120:保護邊界層
- 121:保護邊界層
- 129:額外層
- 130:光
- 131:額外層
- 132:額外層
- 150:光學透射率
- 150':光學透射率
- 151:雙面膠帶
- 152:膠帶
- 160:光學透射率
- 160':光學透射率
- 170:切口
- 230:光
- 250:光學透射率
- 250':光學透射率
- 250'':光學透射率
- 260:光學透射率
- 260':光學透射率
- 260'':光學透射率
- 300:多層光學膜；光學膜
- 331:部分；上部分

332:剩餘部分；下部分

333:端部

360:基材

A:層

B1:層

B2:層

C:層

n_{xi} :折射率

n_{yi} :折射率

n_{zi} :折射率

S1:正斜率

S2:正斜率

T1:光學透射率平均值；平均光學透射率

T1':光學透射率平均值；平均光學透射率

T2:光學透射率平均值；平均光學透射率

T2':光學透射率平均值；平均光學透射率

T3:光學透射率平均值；平均光學透射率

T3':光學透射率平均值；平均光學透射率

T4:光學透射率平均值；平均光學透射率

T4':光學透射率平均值；平均光學透射率

T5:光學透射率平均值；平均光學透射率

T5':光學透射率平均值；平均光學透射率

T6:光學透射率平均值；平均光學透射率

T6':光學透射率平均值；平均光學透射率

t:平均厚度

x:方向

y:方向

z:方向

θ_1 :第一入射角

θ_2 :第二入射角

θ_3 :入射角

θ_4 :入射角

λ_1 :波長

λ_2 :波長

λ_3 :波長

λ_4 :波長

申請專利範圍

【請求項1】

一種反射偏振器，其包含設置於第一表層與第二表層之間的複數個光學重複單元，各光學重複單元包含至少一個聚合A層、至少兩個B層、及至少一個聚合C層，各對相鄰A及C層具有設置於其間的該兩個B層中之至少一者，設置在該第一表層與該第二表層之間的該複數個光學重複單元中的該等A及C層之一總數小於約400，該等A及C層之各者具有約50 nm與約500 nm之間的一平均厚度，該等B層之各者具有小於約50 nm之一平均厚度，該第一表層及該第二表層之各者具有大於約500 nm之一平均厚度，該反射偏振器具有小於約20微米之一平均厚度，使得對於在一入射平面中入射於該反射偏振器上之一光、對於小於約5度之一第一入射角及大於約40度之一第二入射角之各者、及對於從約420 nm延伸至約680 nm之一可見光波長範圍，該複數個光學重複單元具有下列之一平均光學透射率：

當該反射偏振器的一面內第一方向位於該入射平面中時，對於一s偏振狀態，小於約10%；及

當該反射偏振器之一面內正交第二方向位於該入射平面中時，對於一p偏振狀態，大於約65%。

【請求項2】

如請求項1之反射偏振器，其中當該反射偏振器之該面內第二方向位於該入射平面中時，且對於該可見光波長範圍及該p偏振狀態，該複數個光學重複單元具有對於各別第一入射角及第二入射角之平均光學透射率T1及T2，T2大於T1達至少5%。

【請求項3】

如請求項1之反射偏振器，其中對於該第一入射角及該第二入射角之各者、對於該s偏振狀態及位於該入射平面中之該第一方向以及對於該p偏振狀態及位於該入射平面中之該第二方向、以及對於從約750 nm延伸至約1200 nm之一紅外光波長範圍，該複數個光學重複單元具有大於約40%之一平均光學透射率。

【請求項4】

如請求項1之反射偏振器，其中對於該第一入射角及該第二入射角之各者、對於該s偏振狀態及該p偏振狀態之各者、對於位於該入射平面中之該第一方向及該第二方向之各者、及對於從約750 nm延伸至約1200 nm之一紅外光波長範圍，該複數個光學重複單元具有大於約40%之一平均光學透射率。

【請求項5】

如請求項1之反射偏振器，其中對於位於該入射平面中之該第一方向及對於該s偏振狀態，該複數個光學重複單元具有對於該等各別第一及第二入射角的相對於波長之第一光學透射率及第二光學透射率，該第一光學透射率及該第二光學透射率包含各別第一及第二透射頻帶邊緣，其中至少跨沿該光學透射率從約10%增加至約50%的該透射頻帶邊緣之一波長範圍，對該第一頻帶邊緣及該第二頻帶邊緣之各者之一最佳線性擬合具有大於約1.3%/nm之一正斜率。

【請求項6】

如請求項1至5中任一項之反射偏振器，其中各聚合A層包含聚萘二甲酸乙二酯、聚對苯二甲酸乙二酯、或聚萘二甲酸己基乙二酯共聚物；且各聚合C層包含：

間規聚苯乙烯；

四氟乙烯、六氟丙烯、與二氟亞乙烯之三元共聚物；

聚甲基丙烯酸甲酯；

甲基丙烯酸甲酯及丙烯酸乙酯之共聚物；或

共聚羰二甲酸對苯二甲酸乙二酯共聚物。

【請求項7】

一種包含複數個光學重複單元的多層光學膜，該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數小於約175，且具有小於約20微米之一組合平均厚度，該等光學重複單元之各者包含至少四個個別層，該等光學重複單元之各者之該至少四個個別層中之至少第一個別層及第二個別層具有沿一相同面內x方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該x方向正交的一面內y方向之各別折射率 n_{y1} 及 n_{y2} 、及沿與x及y方向正交的一z方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} ，其中對於在從約420 nm延伸至約680 nm之一可見光波長範圍內的至少一個波長：

n_{x1} 大於 n_{y1} 及 n_{z1} 中之至少一者達至少0.15；

n_{x2} 、 n_{y2} 、與 n_{z2} 之間的一最大差之一量值小於0.15；且

n_{x1} 大於 n_{x2} 達至少0.15；

其中該等光學重複單元之各者之該至少四個個別層中之至少一第三層具有小於約50 nm之一平均厚度，且其中當在一90度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性係至少約14克/吋。

【請求項8】

如請求項7之多層光學膜，其中該至少該第三層具有沿各別x、y、及z方向之各別折射率 n_{x3} 、 n_{y3} 、及 n_{z3} ，且其中對於該至少一個波長， n_{x2} 大於 n_{x3} 達至少0.005，或 n_{x3} 大於 n_{x2} 達至少0.05。

【請求項9】

一種包含複數個光學重複單元的多層光學膜，該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數小於約175，且具有小於約20微米之一組合平均厚度，該等光學重複單元之各者包含至少四個個別層，該等光學重複單元之各者之該至少四個個別層中之至少第一個個別層及第二個別層具有沿一相同面內x方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該x方向正交的一面內y方向之各別折射率 n_{y1} 及 n_{y2} 、及沿與x及y方向正交的一z方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} ，其中對於在從約420 nm延伸至約680 nm之一可見光波長範圍內的至少一個波長：

n_{x1} 大於 n_{y1} 及 n_{z1} 中之至少一者達至少0.15；

n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 中之至少一者；且

n_{x1} 大於 n_{x2} 達至少0.15；

其中當在一90度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性係至少約14克/吋。

【請求項10】

如請求項9之多層光學膜，其中對於該至少一個波長， n_{x2} 小於 n_{y2} 達至少0.005。

【請求項11】

如請求項9之多層光學膜，其中對於該至少一個波長， n_{x2} 與 n_{y2} 之間的一差之一量值小於0.005。

【請求項12】

一種包含複數個光學重複單元的多層光學膜，該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數小於約175，且具有小於約20微米之一組合平均厚度，該等光學重複單元之各者包含至少四個個別

層，該等光學重複單元之各者之該至少四個個別層中之至少第一個別層及第二個別層具有沿一相同面內x方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該x方向正交的一面內y方向之各別折射率 n_{y1} 及 n_{y2} 、及沿與x及y方向正交的一z方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} ，其中對於在從約420 nm延伸至約680 nm之一可見光波長範圍內的至少一個波長：

n_{x1} 、 n_{y1} 、與 n_{z1} 之間的一最大差之一量值小於0.05；

n_{x2} 小於 n_{y2} 及 n_{z2} 中之至少一者；且

n_{x1} 大於 n_{x2} 達至少0.07；

其中該等光學重複單元之各者之該至少四個個別層中之至少一第三層具有小於約50 nm之一平均厚度，且其中當在一90度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層的一層間黏著性係至少約14克/吋。

【請求項13】

如請求項12之多層光學膜，其中當在一90度剝離角下測量時，該複數個光學重複單元中之該等個別層之該層間黏著性大於約20克/吋。

【請求項14】

一種包含複數個光學重複單元的多層光學鏡，該複數個光學重複單元中之該等光學重複單元的總數小於約200，且具有小於約20微米之一組合平均厚度，該等光學重複單元之各者包含至少四個依序配置之第一至第四個別層，該等光學重複單元之各者之該第一個別層及該第三個別層具有沿一相同面內x方向之各別折射率 n_{x1} 及 n_{x2} 、沿與該x方向正交的一面內y方向之各別折射率 n_{y1} 及 n_{y2} 、及沿與x及y方向正交的一z方向之各別折射率 n_{z1} 及 n_{z2} ，其中對於從約420 nm延伸

至約680 nm之一可見光波長範圍中之至少一波長：

n_{x1} 及 n_{y1} 大於各別 n_{x2} 及 n_{y2} 達至少0.1；且

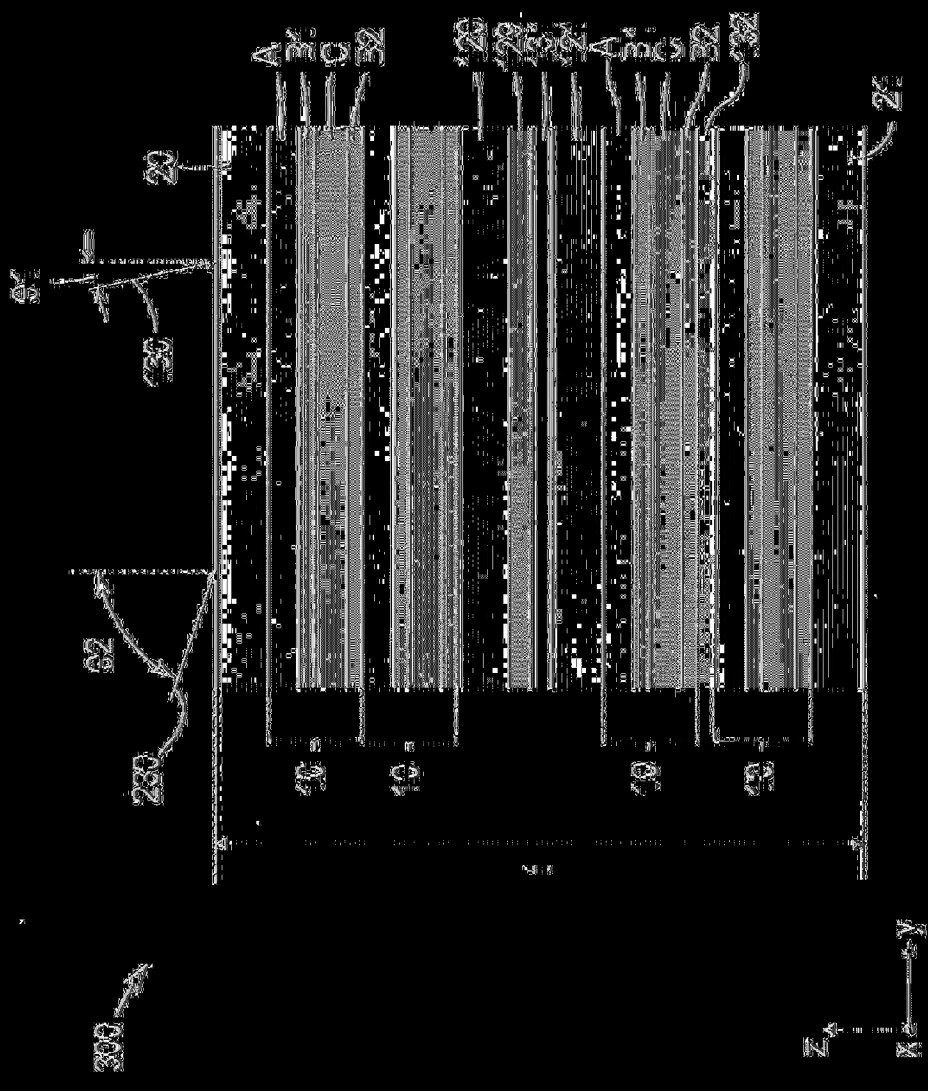
n_{z2} 大於 n_{z1} 達至少0.05；

使得對於入射在該多層光學鏡上之一光、對於互相正交的第一偏振狀態及第二偏振狀態之各者、及對於該可見光波長範圍，該複數個光學重複單元具有對於小於約5度之一第一入射角的一平均光學透射率 $T1$ ，及對於大於約40度之一第二入射角的一平均光學透射率 $T2$ ， $T1/T2 \geq 1.2$ 。

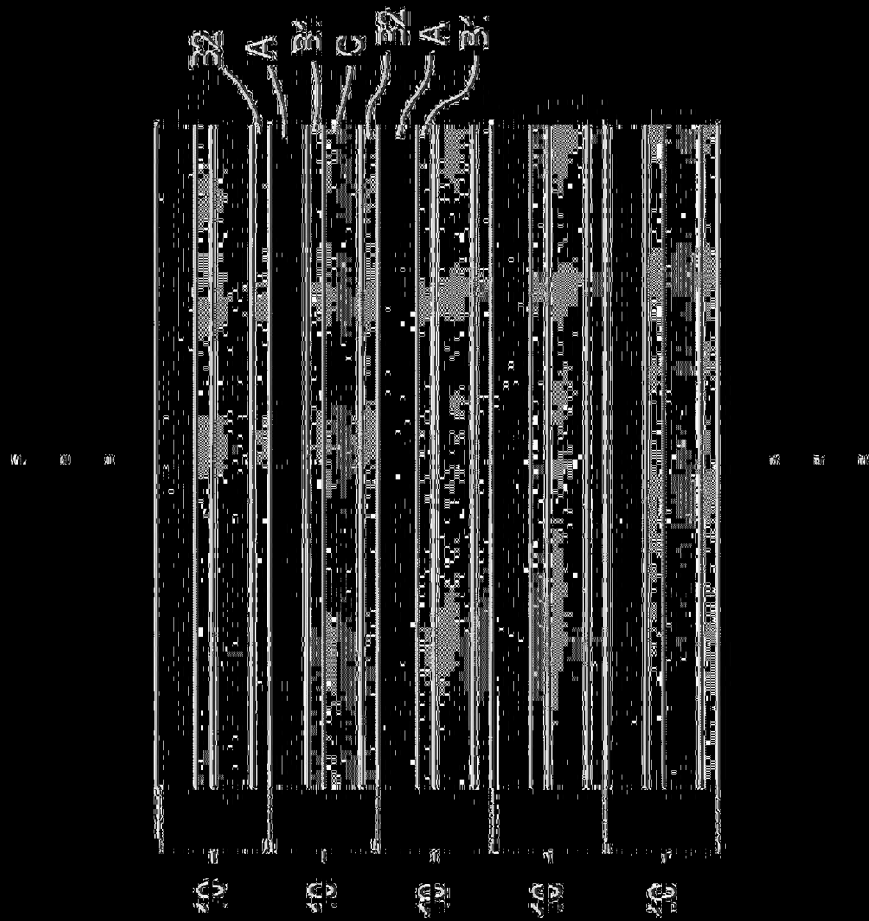
【請求項15】

如請求項14之多層光學鏡，其中對於該等光學重複單元之各者，該第二個別層及該第四個別層之各者之一平均厚度小於約20 nm。

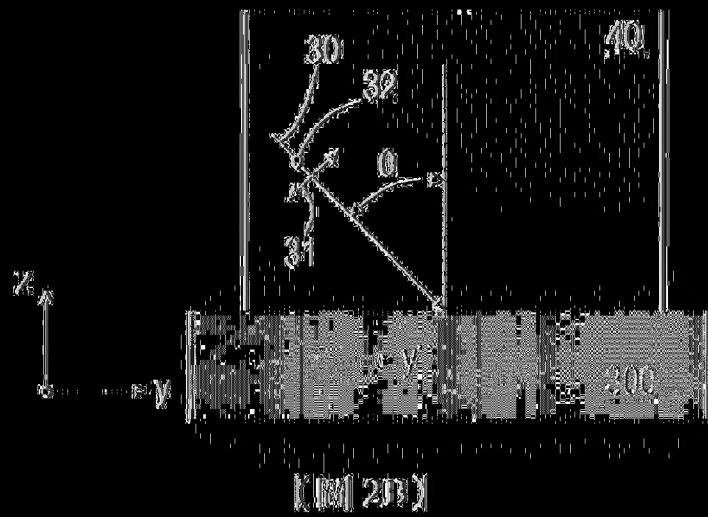
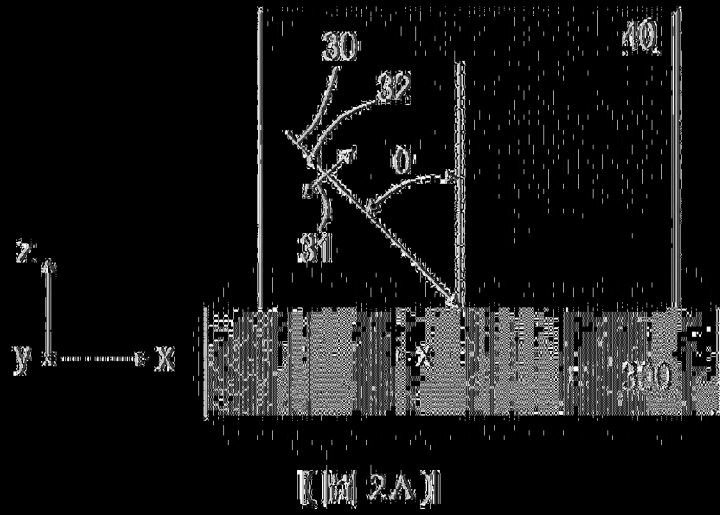
圖式

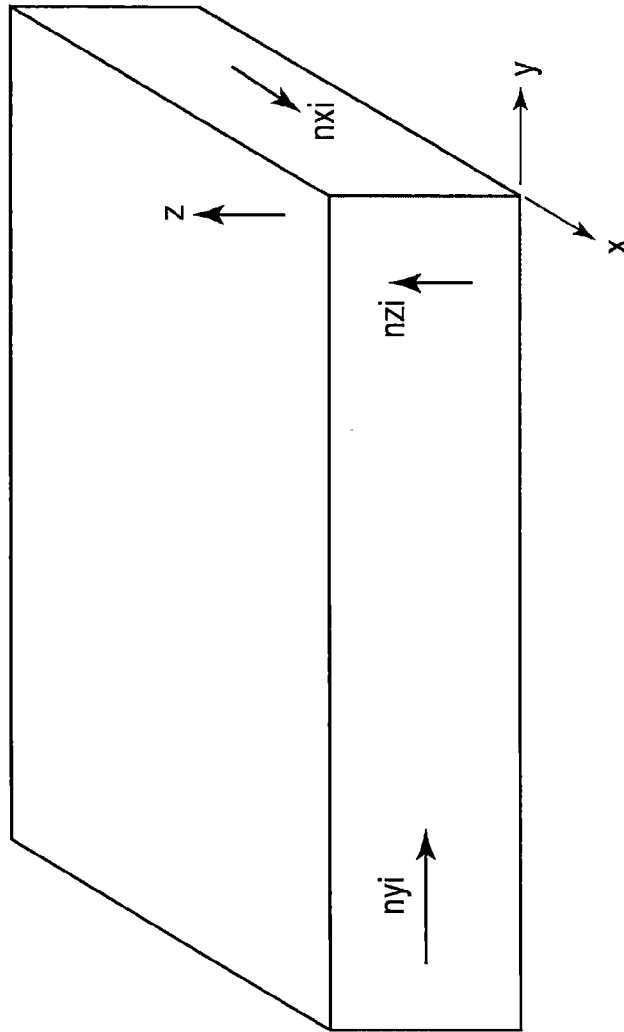


(圖 1A)

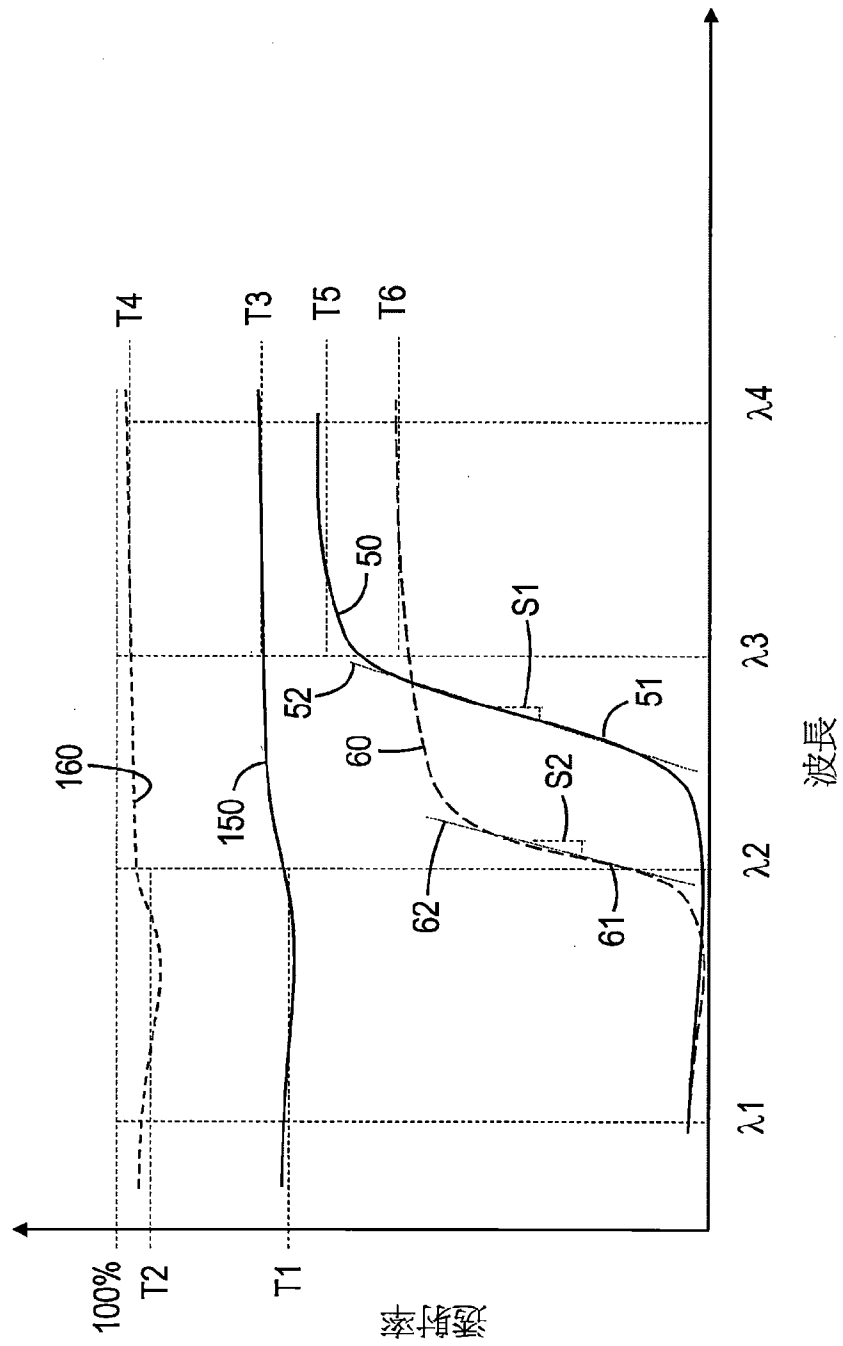


(图 13)

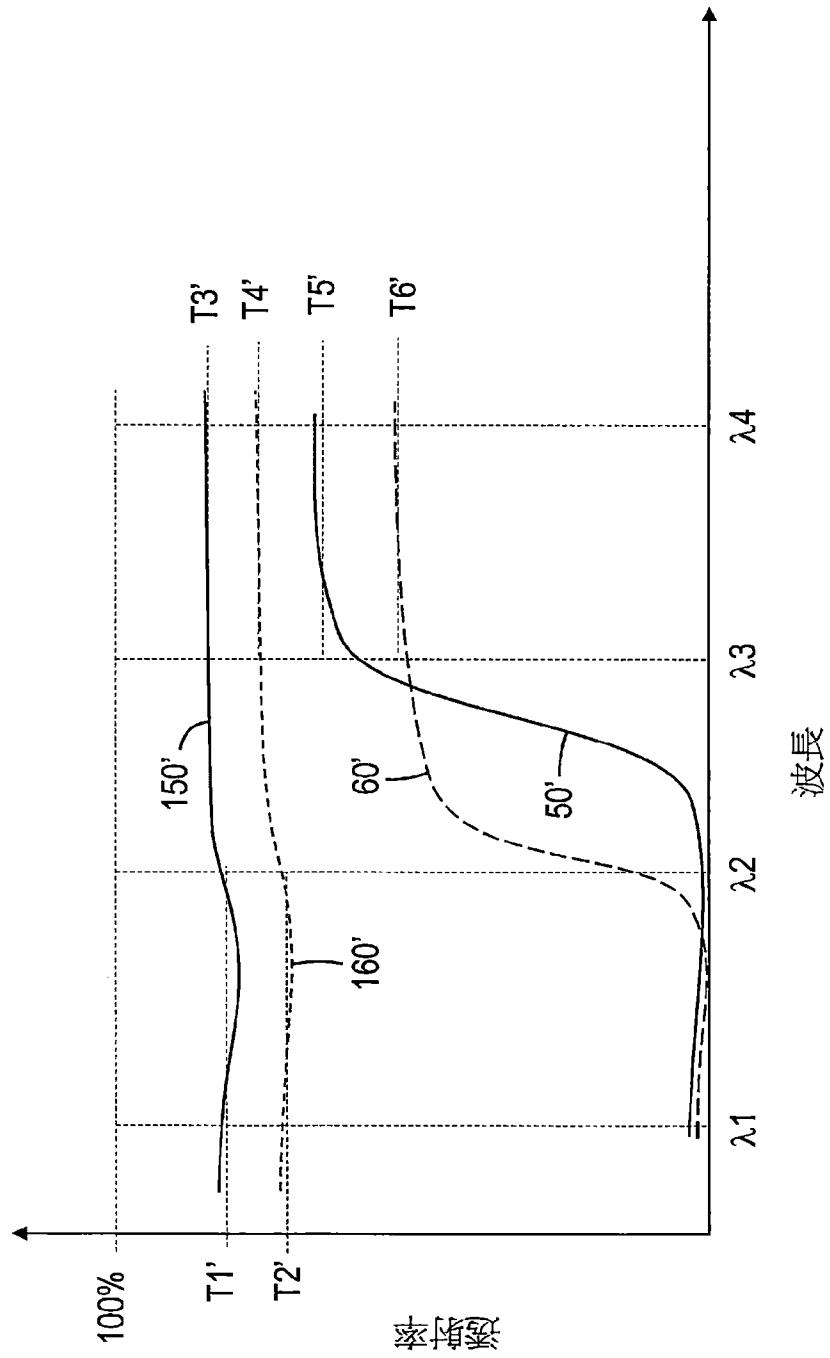




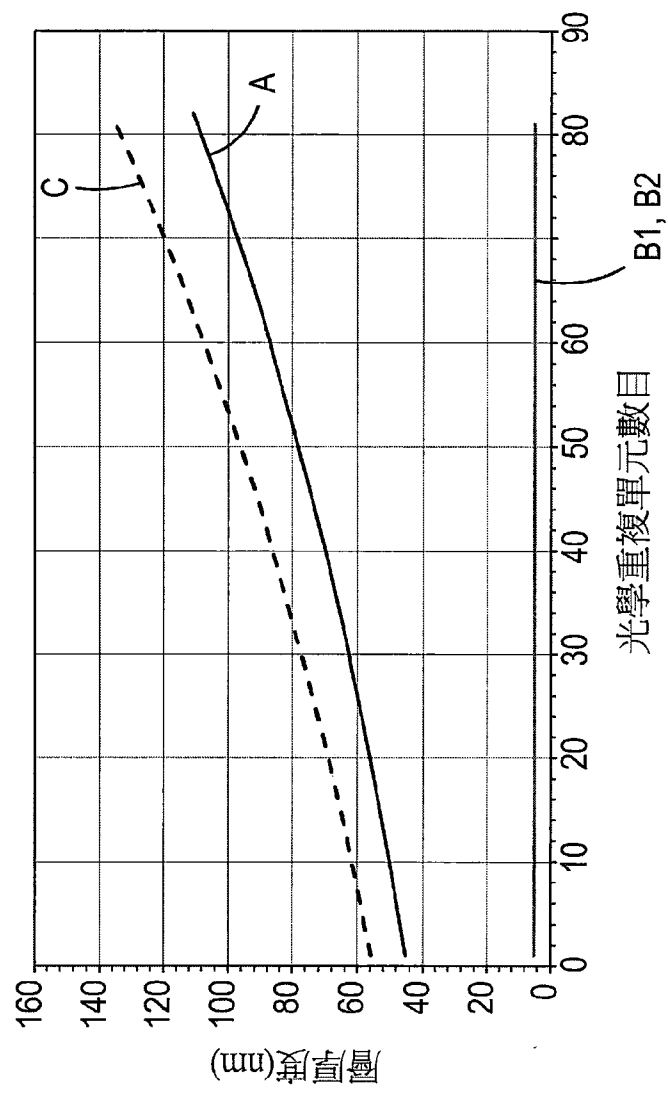
【圖 3】



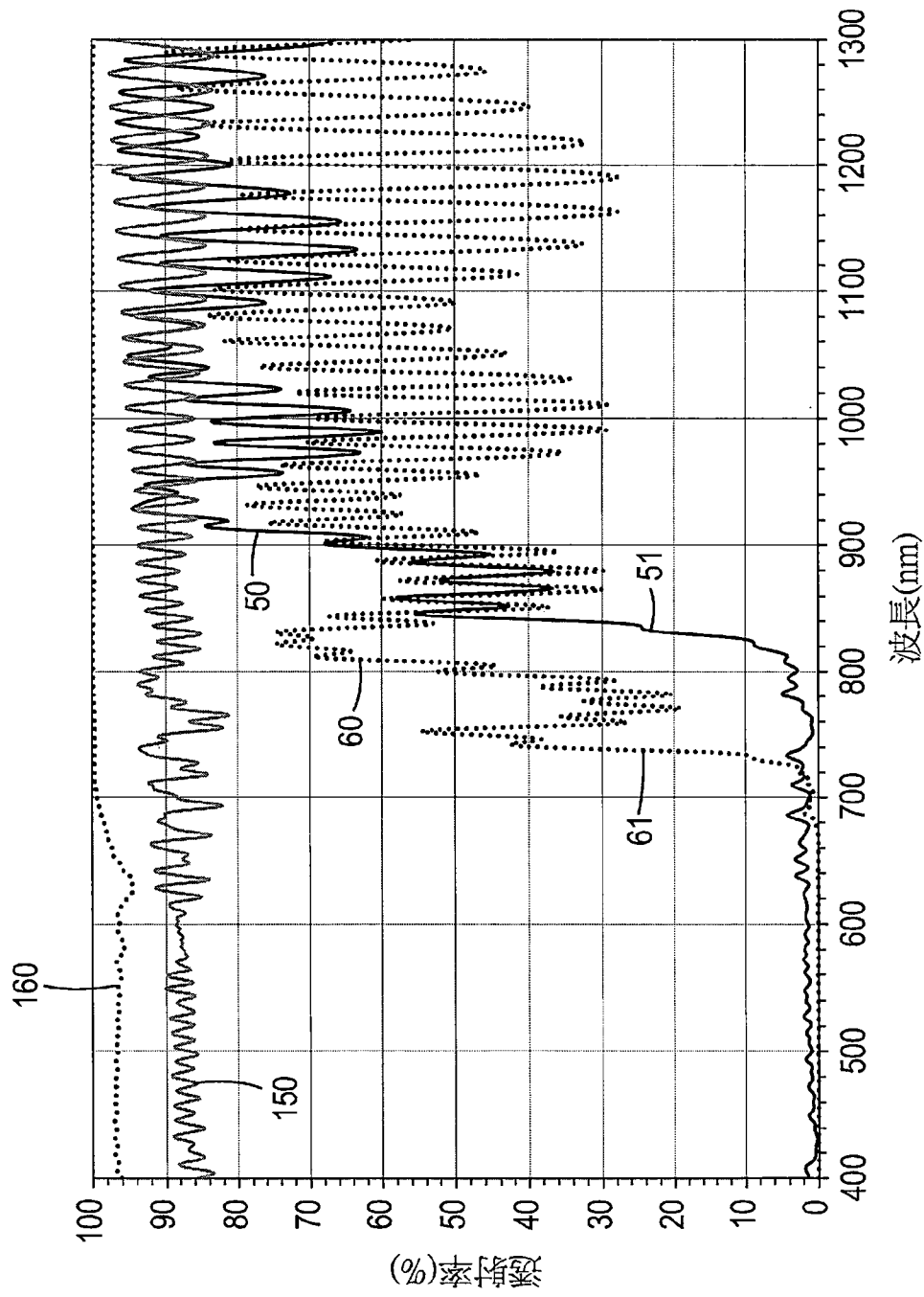
【圖 4A】



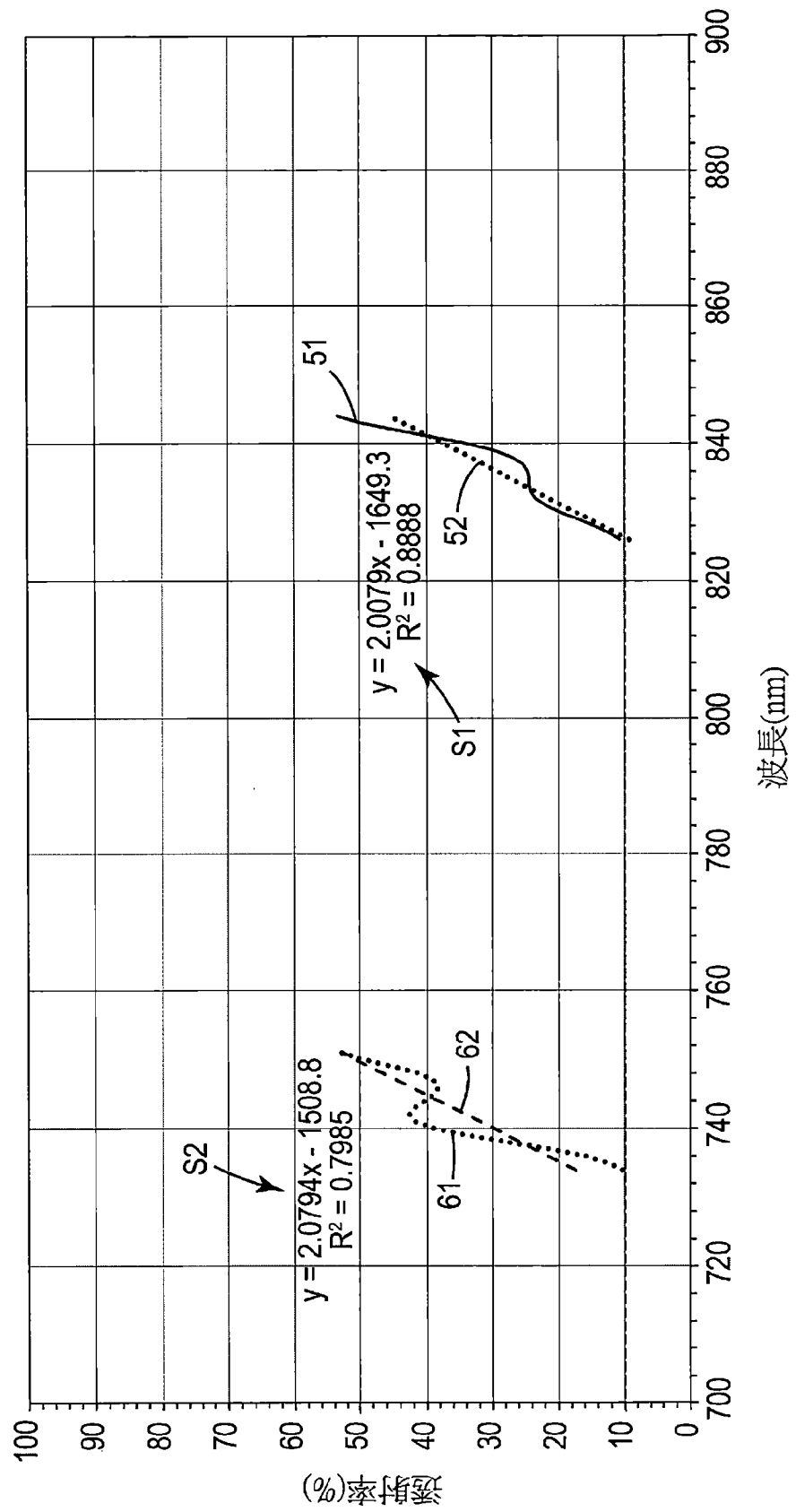
【圖 4B】



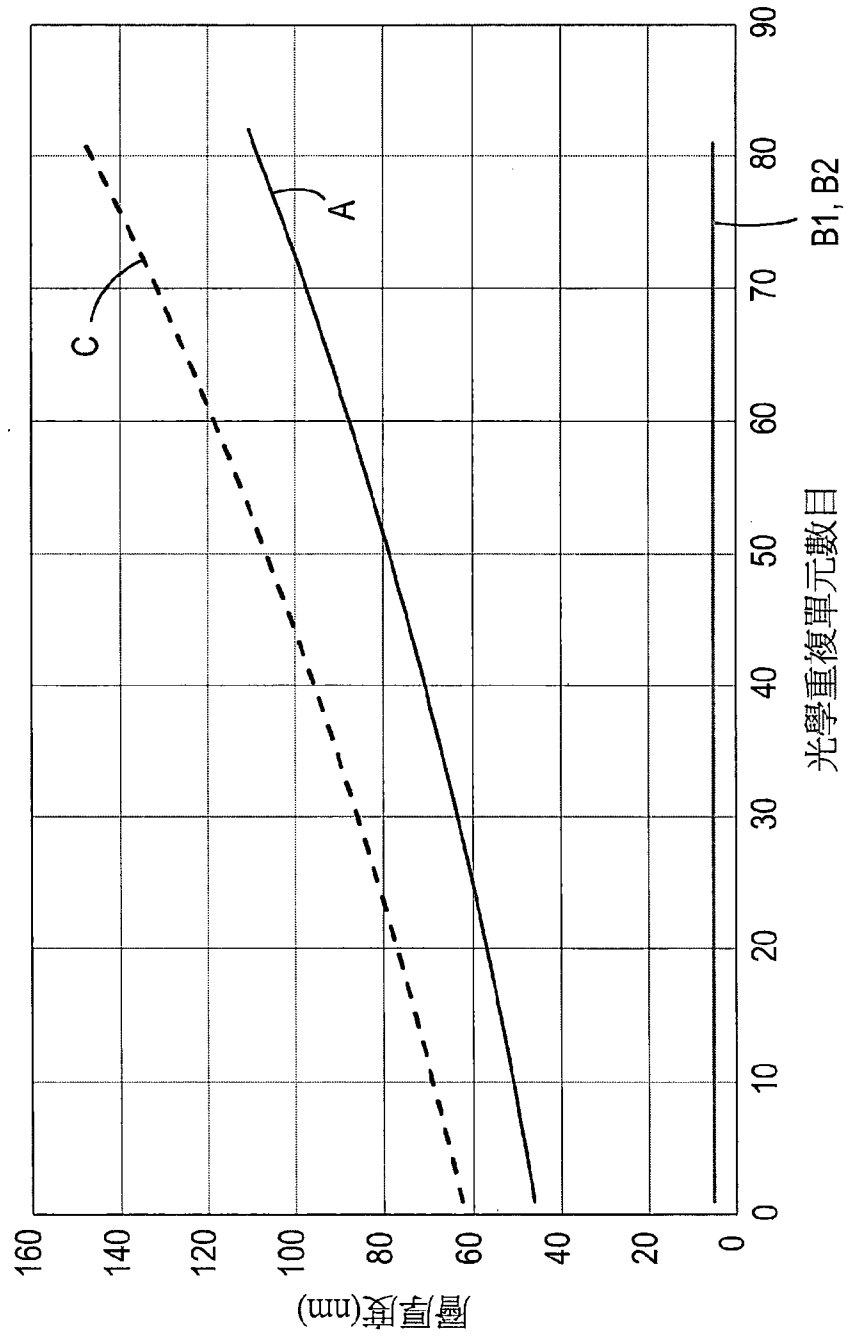
【圖 5】



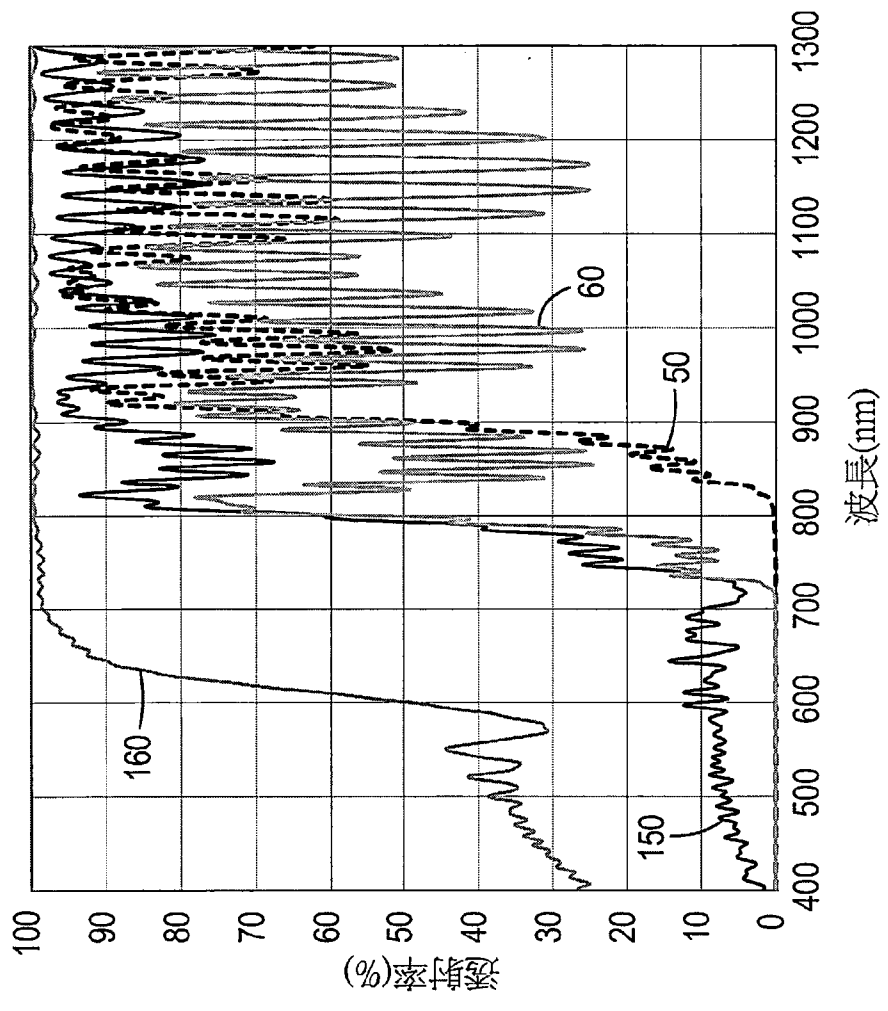
【圖 6A】



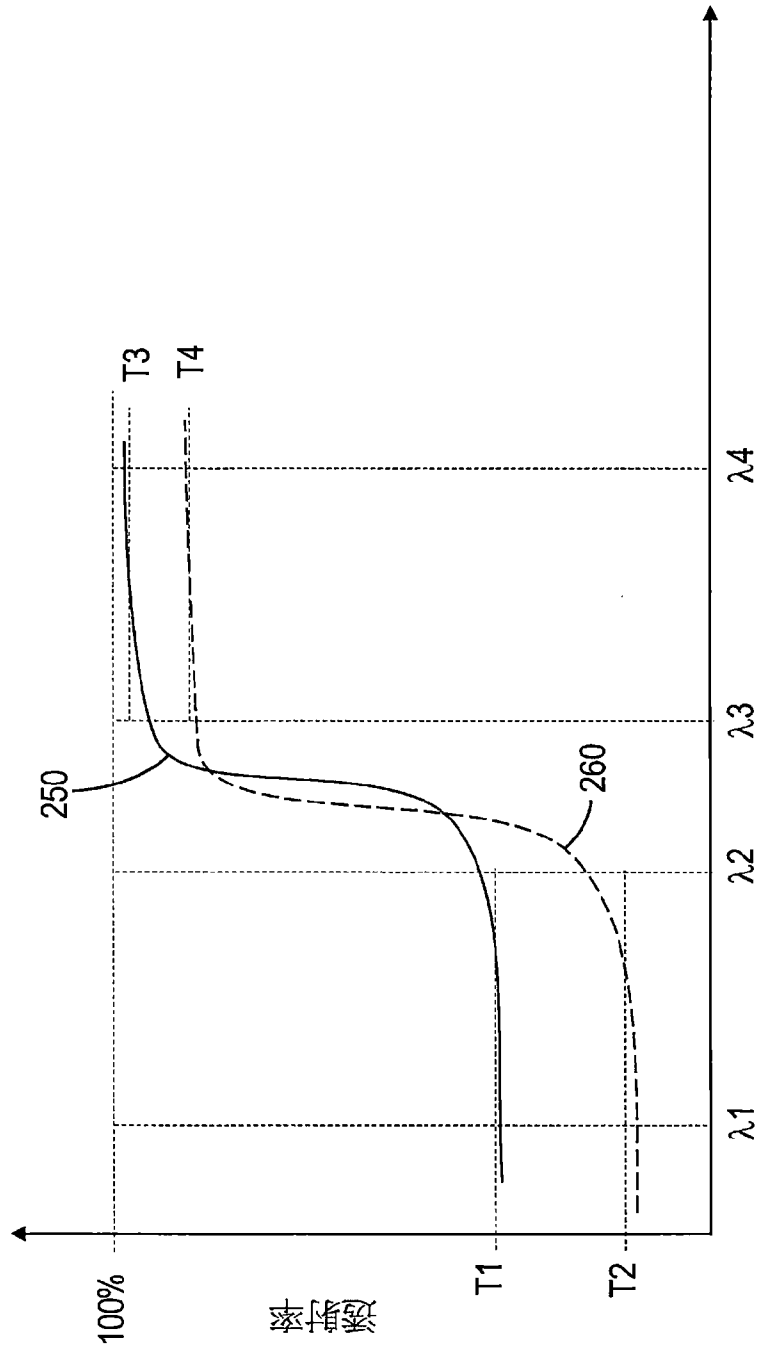
【圖 6B】



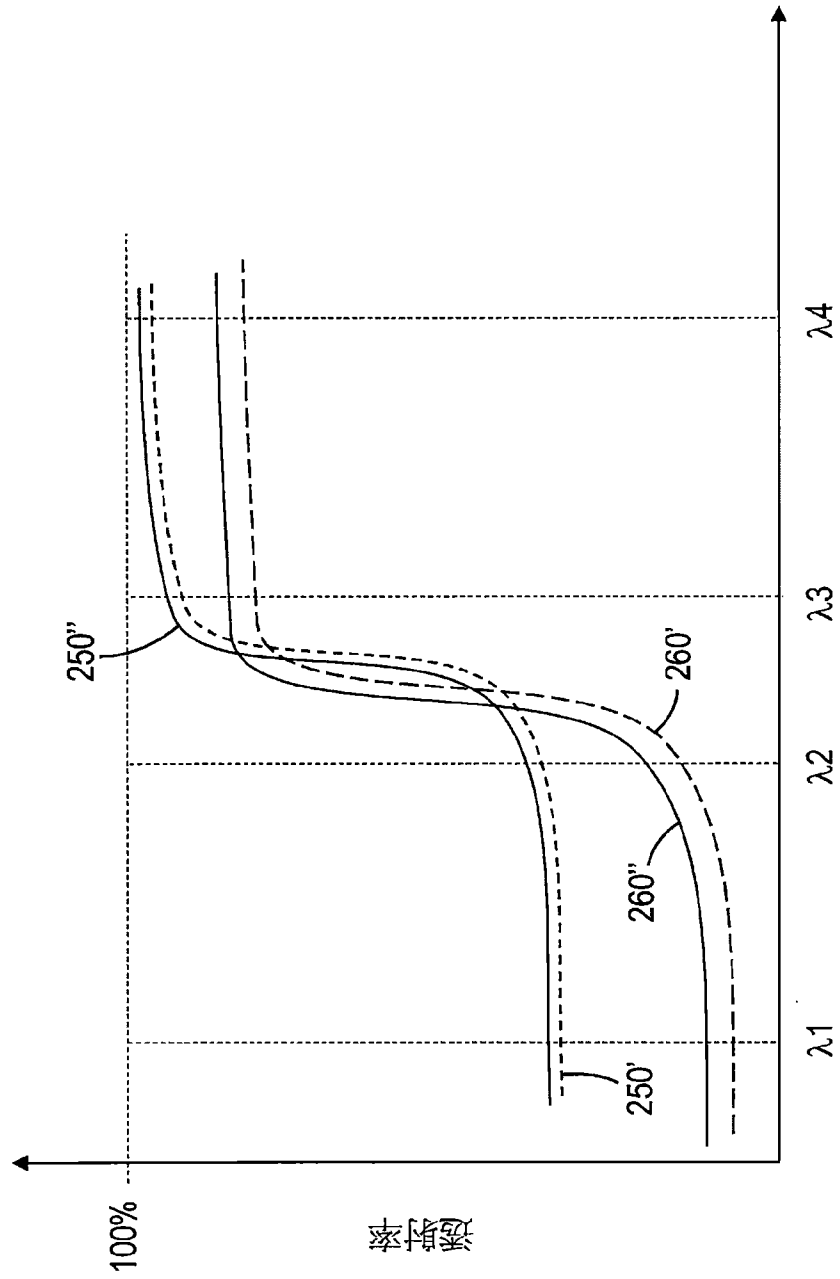
【圖 7】



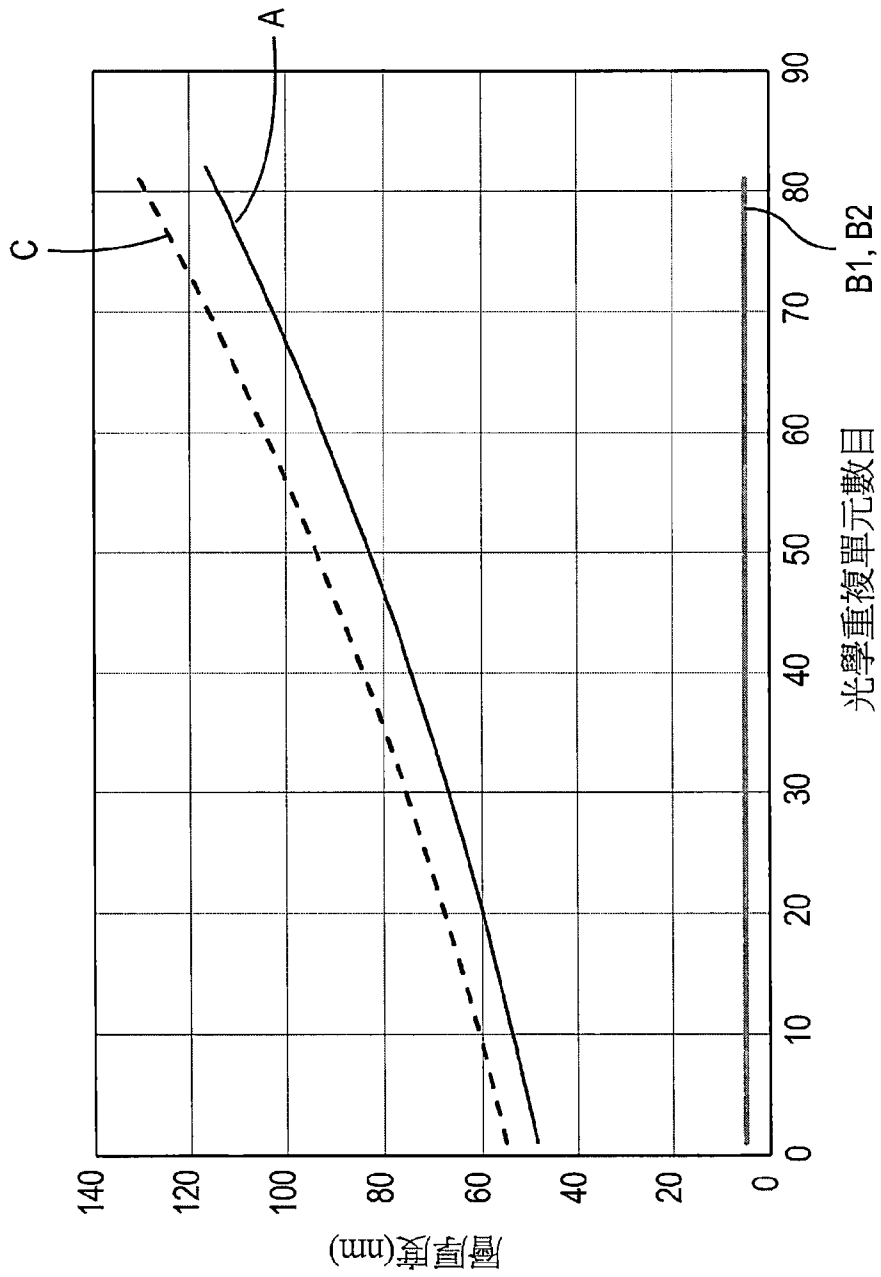
【圖 8】



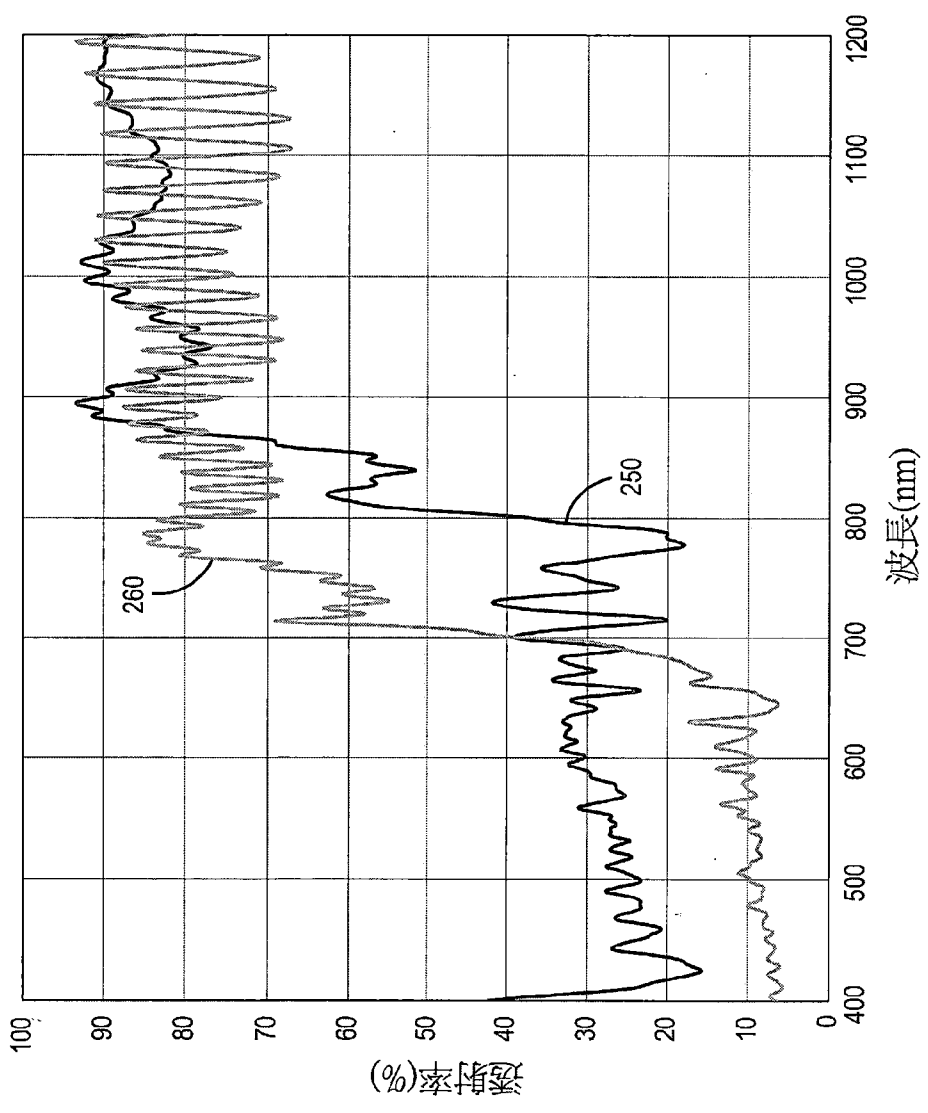
【圖 9A】



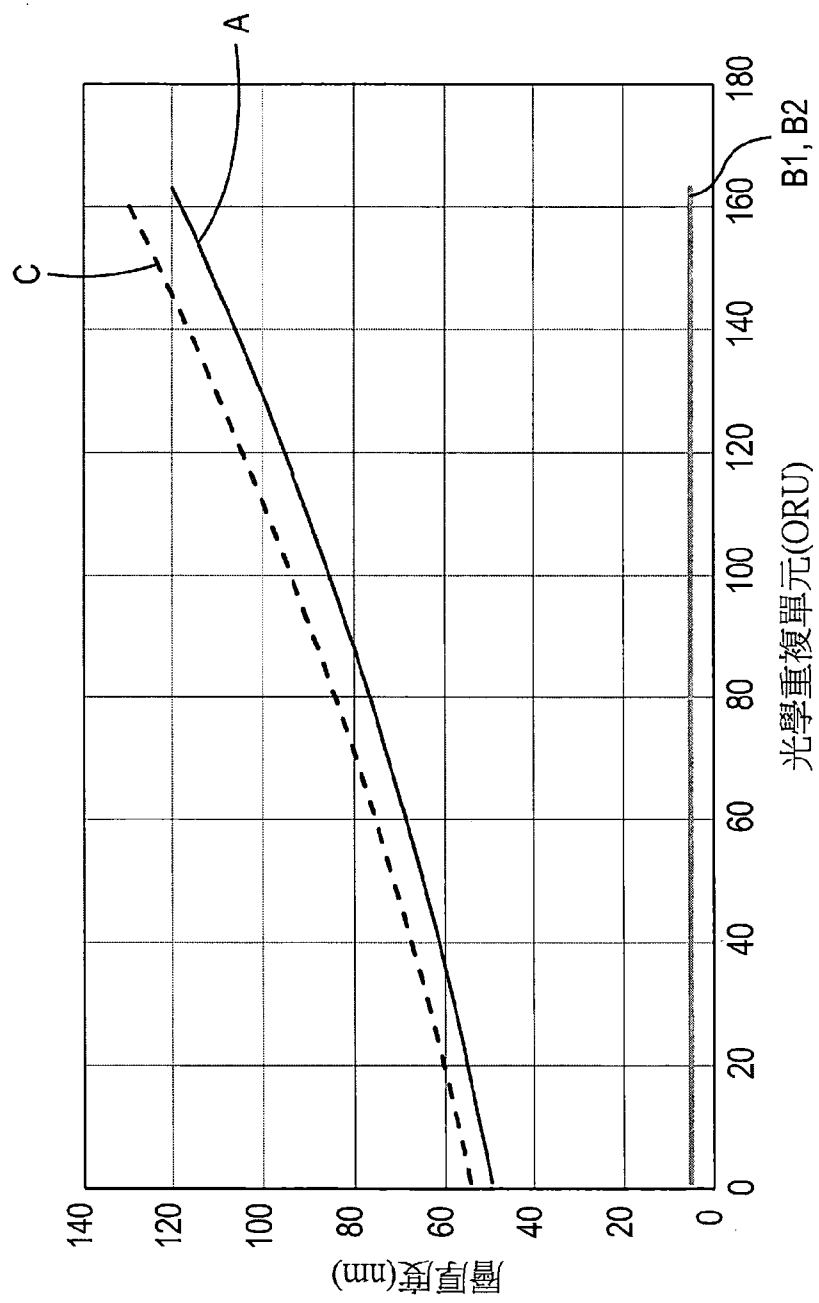
【圖 9B】



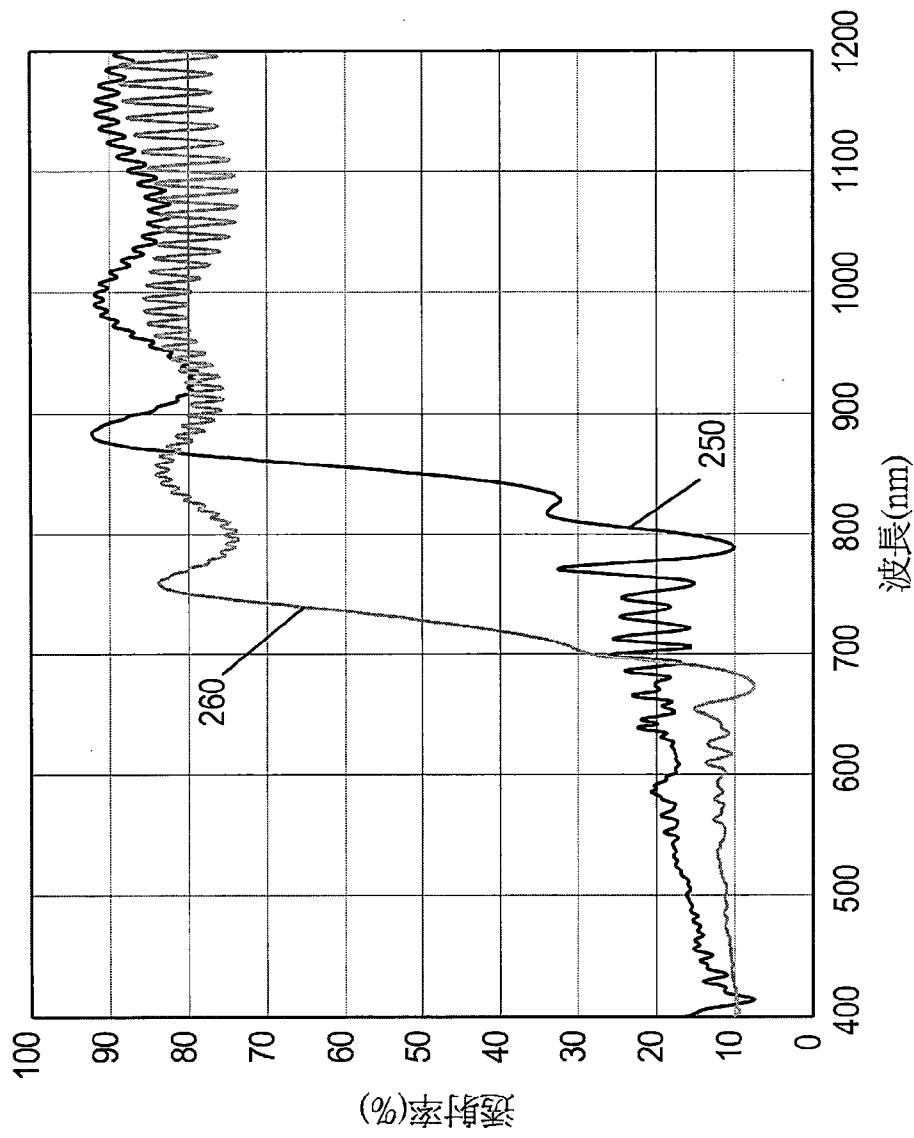
【圖 10】



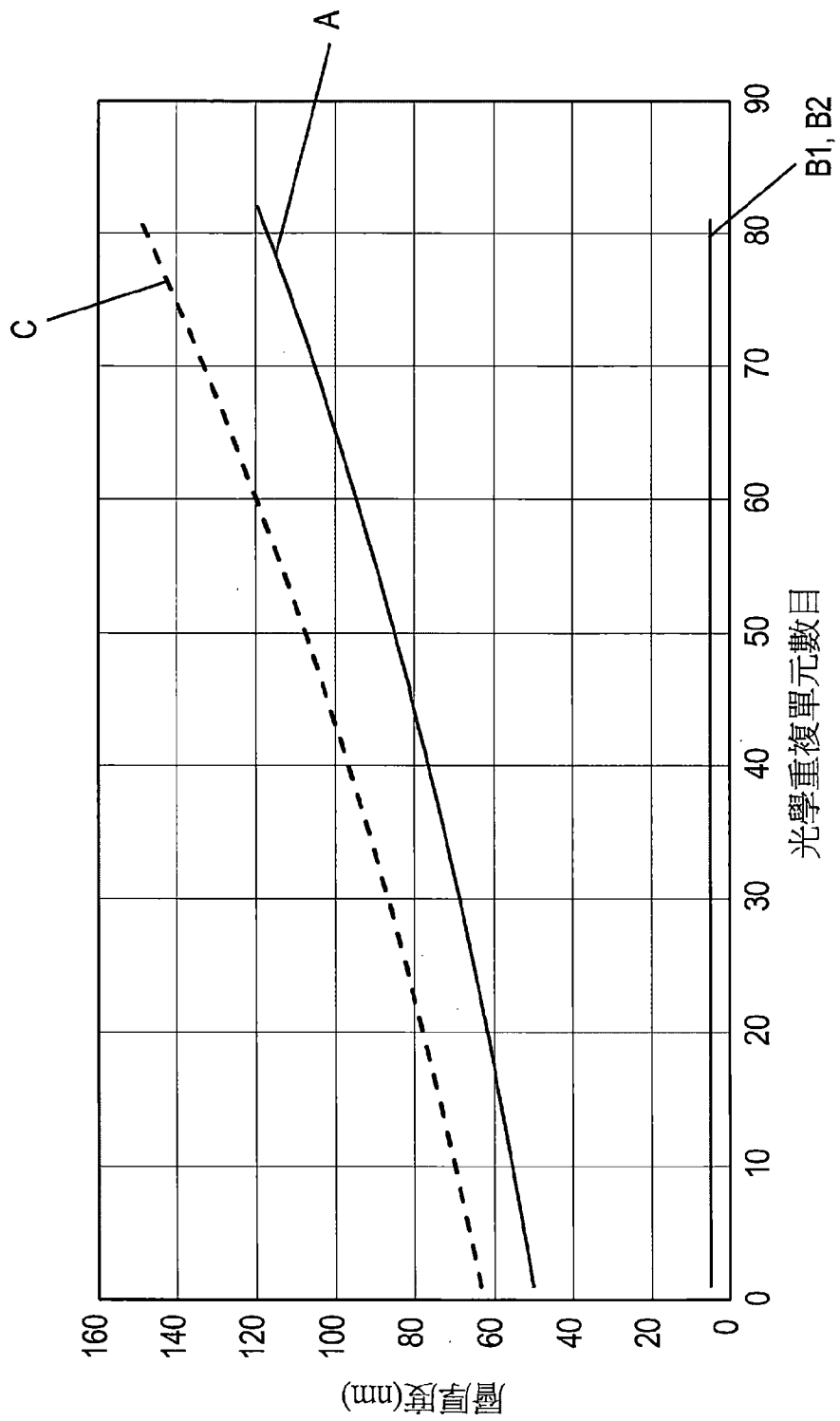
【圖 11】



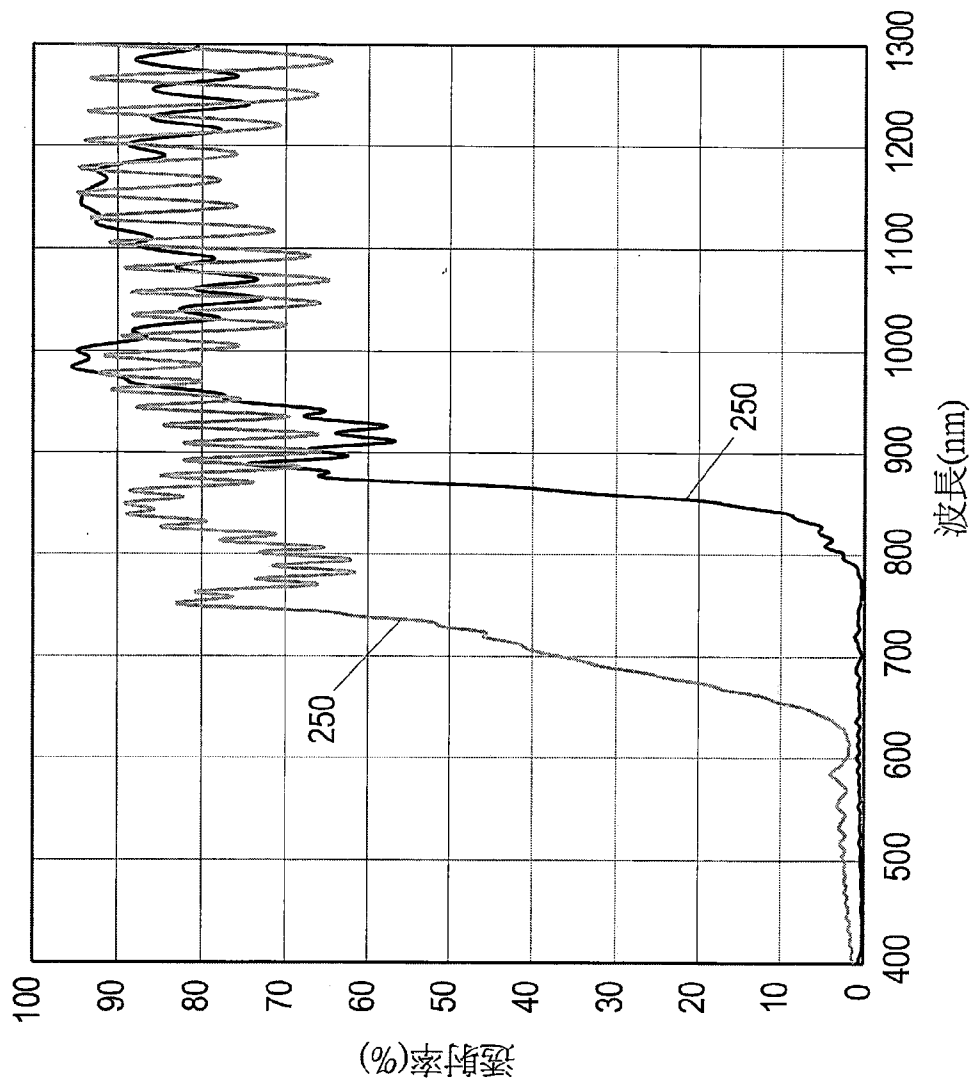
【圖 12】



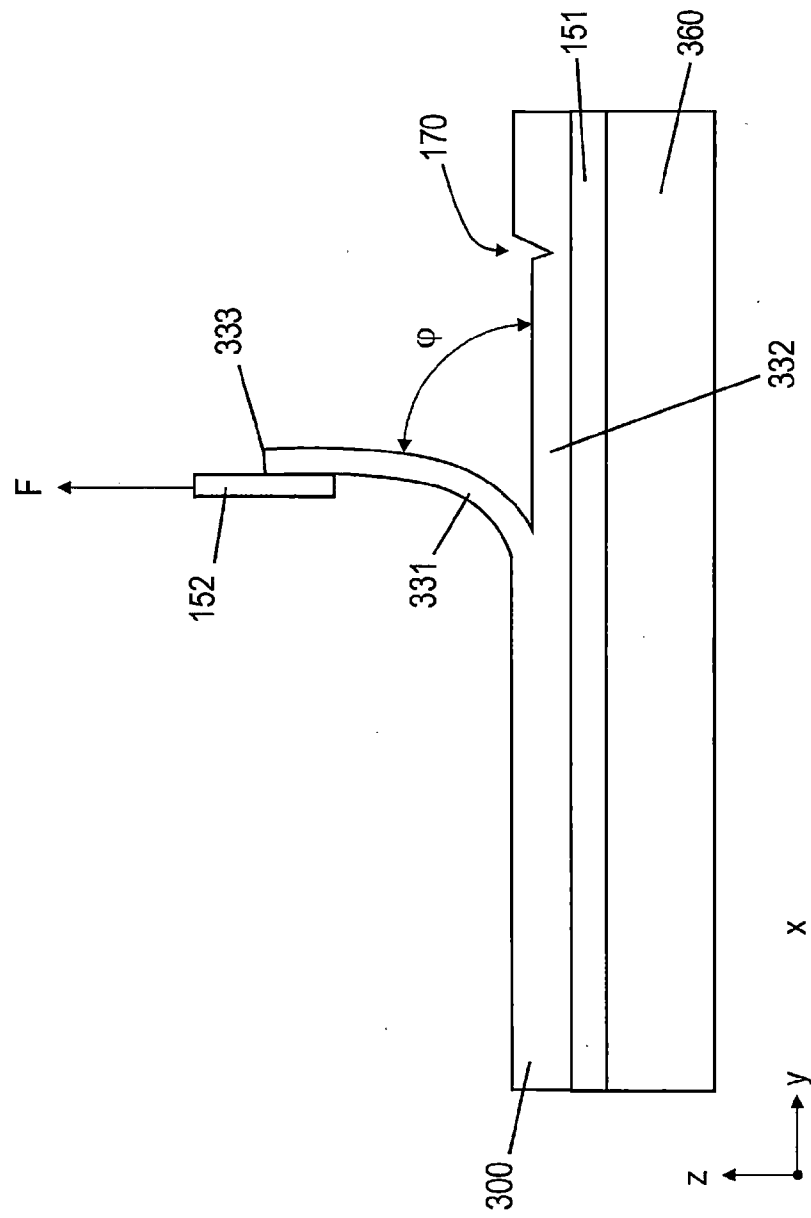
【圖 13】



【圖 14】



【圖 15】



【圖 16】