



(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 202004224 A

(43)公開日：中華民國 109 (2020) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：108120470

(22)申請日：中華民國 108 (2019) 年 06 月 13 日

(51)Int. Cl.：

G02B1/14 (2015.01)**G02B1/04 (2006.01)****G02B3/00 (2006.01)**

(30)優先權：2018/06/14

美國

62/685,119

(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：安伯 葛瑞格 亞倫 AMBUR, GREGG ALAN (US)；松耐克 班哲明 喬治
SONNEK, BENJAMIN GEORGE (US)；艾特 蕎 安 ETTER, JO ANNE (US)；汪
提摩西 路易斯 WONG, TIMOTHY LOUIS (US)；克隆 湯馬士 保羅 KLUN,
THOMAS PAUL (US)；寶可尼 里查 強 POKORNY, RICHARD JOHN (US)；庫
斯 班傑明 萊恩 COONCE, BENJAMIN RYAN (US)；唐 道格拉斯 史考特
DUNN, DOUGLAS SCOTT (US)；科斯塔利克 亨利 阿柔伊西瑟斯 四世
KOSTALIK, HENRY ALOYSIUS, IV (US)；迪克羅 克里斯多夫 史蒂芬
DEGRAW, CHRISTOPHER STEVEN (US)；傑考伯森 強 羅伊 JACOBSON,
JOHN ROY (US)；張春杰 ZHANG, CHUNJIE (CN)；吳 榮聖 WU, JUNG-SHENG
(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：11 共 99 頁

(54)名稱

具有保護塗層之光學總成

(57)摘要

提供一種光學總成，其包括直接插入模製至一光學堆疊上的一光學元件。該光學堆疊包括一光學膜，且可用該光學膜設置在該光學元件與該襯墊之間的方式包括一襯墊。該襯墊(若包括)可從該光學膜移除而不實質損害該光學膜。該光學膜的一最外層可經擴散接合至該光學元件的一主表面。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度。該保護塗層包括至少部分固化之組成物。該組成物包括 70 至 96 重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物及 2 至 20 重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有 2 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯官能性，該(甲基)丙烯酸酯單體具有 1 至 2 之(甲基)丙烯酸酯官能性。

An optical assembly including an optical element insert molded directly onto an optical stack is provided. The optical stack includes an optical film and may include a liner with the optical film being disposed between the optical element and the liner. The liner, if included, is removable from the optical film without substantial damage to the optical film. An outermost layer of the optical film may be diffusion bonded to a major surface of the optical element. The optical film includes a protective coating having an average thickness of no more than 30 micrometers. The protective coating includes an at least partially cured composition. The composition includes 70 to 96 weight percent of urethane (meth)acrylate compound having

an average (meth)acrylate functionality of 2 to 9.5, and 2 to 20 weight percent of (meth)acrylate monomer having a (meth)acrylate functionality of 1 to 2.

指定代表圖：

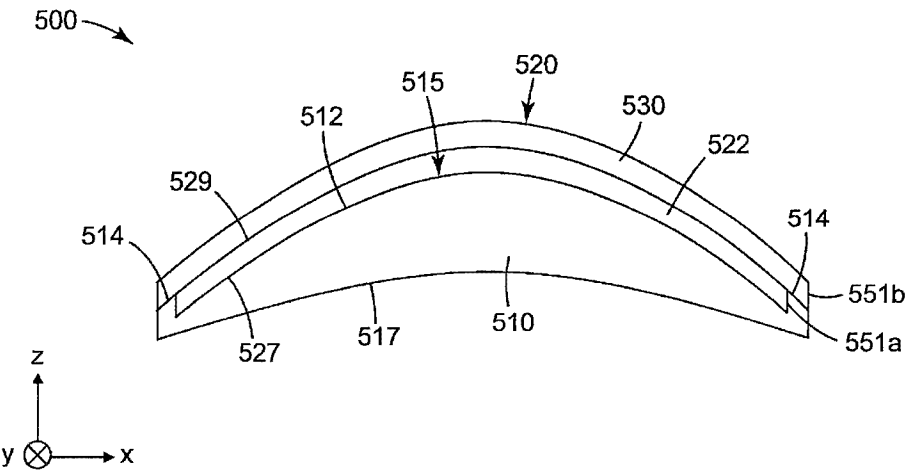


圖5A

符號簡單說明：

- 500 . . . 光學總成
- 500b . . . 光學總成
- 510 . . . 透鏡
- 512 . . . 第一部分
- 514 . . . 第二部分
- 515 . . . 第一主表面
- 517 . . . 第二主表面
- 519 . . . 彎曲凹部
- 520 . . . 光學堆疊
- 522 . . . 光學膜
- 527 . . . 第一主表面
- 529 . . . 第二主表面/主表面
- 530 . . . 額外膜或層/額外層
- 551a . . . 邊緣
- 551b . . . 邊緣

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】 具有保護塗層之光學總成

OPTICAL ASSEMBLY WITH PROTECTIVE
COATING

【技術領域】

【先前技術】

【0001】 在各種應用中，光學膜可設置在光學元件上。

【發明內容】

【0002】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括直接插入模製至一光學堆疊上的一光學元件。該光學堆疊包括一光學膜及一襯墊，該光學膜設置在該光學元件與該襯墊之間。該襯墊可從該光學膜移除而不實質損害該光學膜。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層面向該襯墊且具有不大於 30 微米之一平均厚度。

【0003】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一體成形的多層光學膜及直接射出插入模製至該光學膜上的第一光學元件。該光學膜包括主要藉由光學干涉而反射或透射光之複數個交替的聚合層。在該光學膜之一總面積的至少 80% 上的各位置對於具有一相同預定波長及一相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80% 的一反射率。該第一光學元件的一熔融溫度實質大於該光學膜的一玻璃轉移溫度。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該第一光學元件。

【0004】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一體成形的多層光學膜及直接插入模製至該光學膜上的光學元件。該光學膜包括主要藉由光學干涉而反射或透射光之複數個交替的聚合層。該光學膜經擴散接合至該光學元件。該光學膜至該光學元件的該結合比該光學膜中的至少一對緊鄰層之間的一層間結合更強。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該光學元件。

【0005】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一體成形的多層光學膜及直接插入模製至該光學膜上的光學元件。該光學膜經擴散接合至該光學元件。該光學膜包括主要藉由光學干涉而反射或透射光之複數個交替的聚合層。在該光學膜之一總面積的至少 90% 上的各位置對於具有一相同預定波長及一相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 90% 的一反射率。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該光學元件。

【0006】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一光學膜及直接插入模製至該光學膜上的一透鏡。該光學膜包括主要藉由光學干涉而反射或透射光之複數個交替的聚合層。在該光學膜之一總面積的至少 90% 上的各位置對於具有一相同預定波長及一相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於 90% 的反射率。該透鏡具有沿著一第一方向的一最大側向尺寸變化較大且沿著一正交的第二方向的一最大側向尺寸變化較小的一光學延遲。該透鏡上之各位置的該光學延遲不

多於約 10 nm。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該透鏡。

【0007】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一透鏡及具有相對的第一及第二主表面的一多層光學膜，其中該第一主表面設置在該透鏡之一第一側的一第一部分上。在該多層光學膜之一總面積的至少 80% 上的各位置對於具有一相同預定波長及一相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80% 的反射率。該透鏡之該第一側的一第二部分與該多層光學膜之該第二主表面實質齊平。該多層光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該透鏡。

【0008】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一透鏡及設置在該透鏡之一主表面上的一光學堆疊。該透鏡至少部分地環繞該光學堆疊的一邊緣。該光學堆疊包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該透鏡。

【0009】 在本說明之一些態樣中，一種光學總成包括具有於其中界定一彎曲凹部的一第一主表面的一透鏡及黏附至該彎曲凹部且適形於該彎曲凹部的一多層光學膜。該多層光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該透鏡。

【0010】 在本說明之一些態樣中，提供一種光學總成，其包括一光學膜及直接射出模製至該光學膜上的一透鏡。在該光學膜之一總面積的至少 80% 上的各位置對於具有一相同預定波長及一相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80% 的一反射率。該透鏡在該透鏡之一

主表面的至少 80% 上的各位置具有不多於約 10 nm 的一光學延遲。在一第一透鏡位置的一透鏡厚度比在一第二透鏡位置的一透鏡厚度大至少約 20%。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度，其中該保護塗層背對該透鏡。

【0011】 包括在上述光學總成中及本說明書之其他光學總成中之保護塗層一般包括至少部分固化組成物，其中該組成物包括：

- a) 基於組分 a) 至 d) 的總重量，70 至 96 重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有 2 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；
- b) 基於組分 a) 至 d) 的總重量，2 至 20 重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有 1 至 2 的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包括胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；
- c) 基於組分 a) 至 d) 的總重量，可選的 0.5 至 2 重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；
- d) 可選的有效量之光起始劑；
- e) 可選的無機奈米粒子；及
- f) 可選的溶劑。

【圖式簡單說明】

【0012】

圖 1A 至圖 1B 係光學總成的示意截面圖；

圖 1C 係光學元件的示意截面圖；

圖 2 係光學堆疊的示意截面圖；

圖 3 係光學膜的示意截面圖；

圖 4A 係光學堆疊的示意截面圖；

圖 4B 係圖 4A 之光學堆疊的示意仰視圖；

圖 4C 至圖 4D 係光學堆疊的示意截面圖；

圖 5A 至圖 5B 係光學總成的示意截面圖；

圖 5C 係透鏡的示意截面圖；

圖 5D 係圖 5C 之透鏡的示意俯視圖；

圖 6A 至圖 6B 係光學總成的示意截面圖；

圖 7A 至圖 7E 繪示用於將光學元件射出插入模製至光學膜上的程序；

圖 8A 至圖 8C 係光學總成的示意截面圖；

圖 9 係光學元件的示意截面圖；

圖 10 係透鏡的示意俯視平面圖；及

圖 11 係保護塗層的示意截面圖。

【實施方式】

【0013】 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。

【0014】 有期望將光學膜設置在光學元件上的各式各樣應用。例如，顯示器可利用偏振分光器(PBS)，其中光學膜設置在稜鏡之斜邊上。

光學膜可係主要藉由光學干涉而反射或透射光的多層聚合物光學膜。舉另一實例，顯示系統可利用包括設置成彼此相鄰且間隔開的部分反射器及反射偏振器的摺疊光學系統，例如，如美國專利第 9,557,568 號（Ouderkirk 等人）中所描述者。在一些情況下，期望反射偏振器設置在透鏡的主表面上。

【0015】 本說明之光學總成通常包括設置在光學元件（諸如，光學透鏡）上的光學膜（諸如，一體成形的多層光學膜）。例如，光學膜可設置在雙凸透鏡、平凸透鏡、正彎月形透鏡、負彎月形透鏡、平凹透鏡、或雙凹透鏡的任一主表面上。在一些實施例中，光學元件經射出模製至光學膜上，使得擴散接合在光學膜與光學元件之間形成。在一些實施例中，擴散接合比光學膜中的相鄰層之間的層間接合更強。在一些實施例中，從插入模製程序產生的光學元件具有小於 10 nm 的光學雙折射，且在一些實施例中，光學雙折射沿著一方向比沿著一正交方向變化得更多。相關光學總成係描述於 2017 年 10 月 20 日申請且名稱為「Optical Assembly」之美國臨時專利申請案第 62/574921 號中。

【0016】 光學膜一般包括一保護塗層（諸如硬塗層），該保護塗層設置於光學膜的最外表面處且背對光學元件。光學膜可設置在光學元件之一凹表面、或一凸表面、或一實質平坦表面上，其中保護塗層係在該光學膜相對該光學元件之一主表面上。保護塗層可係一耐磨層，該耐磨層保護光學膜免於表面損壞，諸如可能在處理及使用期間發生的鑿削(gouging)及括損(scuffing)。本說明書提供保護層組成物，該等組成物可經塗佈至一光學膜上（諸如一多層光學膜，該多層光學膜包

括主要藉由光學干涉來反射及透射光之交替的聚合層)並經固化。包括保護層之光學膜可熱成型為一所欲形狀，而不會使保護層在意欲隨後用於光學總成中的該光學膜之至少一部分中破裂(例如，在將一光學元件模製在該光學膜上之前，可移除僅在將不用於該光學總成中的該光學膜的邊緣部分中的任何破裂)。該光學膜之熱成型可使用一母模具或使用一公模具進行。用語「公模具(male mold)」係指一種模具，該模具在其用以形成所欲之模製部件形狀(即，溢料除外)的區域中係向外凸的。用語「母模具(female mold)」係指一種模具，該模具在其用以形成所欲之模製部件形狀(即，溢料除外)的區域中係向內凹的。利用母模具的熱成型系統包括可購自 Hy-Tech Forming Systems (USA), Inc. (Phoenix AZ)的 AccuForm 熱成型系統。利用公模具的熱成型系統包括來自 MAAC Machinery Corporation (Carol Stream, IL)的真空成型系統。利用具有高曲率及/或高垂度(最大位移)的母模具可導致習知硬塗層在意欲用於光學總成中之區域中的光學膜的中心附近破裂。在本說明書之一些態樣中，提供用於保護塗層之組成物，該等組成物導致良好的抗刮性及良好的可熱成型性(例如，可熱成型而不破裂)。在一些實施例中，當使用具有一高曲率及/或垂度(最大位移)的母模具來熱成型時，在保護塗層中實質上無破裂。

【0017】 圖 1A 係包括光學元件 110 及光學堆疊 120 之光學總成 100 的示意截面圖。在一些實施例中，光學元件 110 經直接插入模製至光學堆疊 120 上。可藉由嵌入光學堆疊於模具中且彼等將光學元件模製至光學堆疊上而插入模製光學元件至光學堆疊上。插入模製可係射

出插入模製、壓縮插入模製、或一些其他形式的插入模製。形成光學元件 110 的材料在接觸光學堆疊 120 時熔融使得材料與光學堆疊 120 形成合適結合而不包括任何額外黏著劑層一般係較佳的。在一些實施例中，形成光學元件 110 的材料及形成光學堆疊 120 之最外表面的材料經選擇為彼此相容，使得合適的擴散接合形成在光學堆疊 120 與光學元件 110 之間。例如，在一些實施例中，使用類似的或以其他方式相容的（例如，可部分溶混的）聚合物作為形成光學元件 110 的材料及形成光學堆疊 120 之面向光學元件 110 的最外表面的材料。例如，類似的或相容的聚合物可具有大致相等的熔點（例如，在 50°C 內，或在 30°C 內、或在 20°C 內、或在 10°C 內）。在一些實施例中，光學堆疊 120 包括光學膜，該光學膜包括複數個交替的聚合層，且光學膜至光學元件 110 的結合比光學膜中的至少一對緊鄰層之間的層間結合更強。

【0018】 在一些實施例中，光學元件 110 係透鏡。在一些實施例中，透鏡具有在至少一個方向的折射屈光力。例如，光學元件 110 可係具有在一個方向（例如，x 方向）上的屈光力的柱面透鏡，或具有在二個方向（例如，x 及 y 方向）上的屈光力的球面或非球面透鏡。在一些實施例中，可使用其他類型的光學元件。例如，光學元件可係稜鏡且光學堆疊 120 可設置在該稜鏡的（例如，彎曲的或實質平坦斜邊的）面上。

【0019】 在一些實施例中，光學堆疊 120 設置在光學元件 110 的彎曲主表面上，且在一些實施例中，光學堆疊 120 設置在光學元件 110 的實質平坦主表面上。光學堆疊 120 可設置在光學元件 110 的彎曲主

表面上，使得光學元件 110 之第一彎曲主表面上的至少一個位置在二個相互正交之方向（例如，x 及 y 方向）的各方向具有在從約 6 mm 至約 1000 mm 之範圍中的曲率半徑。若最佳擬合球面具有大於約 2000 mm 的半徑，表面可描述為實質平坦。

【0020】 光學堆疊 120 可係光學膜或可包括光學膜。在一些實施例中，光學膜係鏡膜，且在一些實施例中，光學膜係反射偏振器。反射偏振器的實例包括多層聚合物膜反射偏振器及可包括通常在反射偏振器之阻光軸上延伸且設置在可係聚合物基材的基材上之線的線柵偏振器。在一些實施例中，光學堆疊 120 係一體成形的多層光學膜，該多層光學膜包含主要藉由光學干涉而反射或透射光的複數個交替的聚合層。在一些實施例中，光學堆疊 120 包括一體成形的多層光學膜及不與該多層光學膜整合的至少一個額外層。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。若層被製造在一起（例如，組合為熔融流，然後澆注至冷卻輥上以形成具有該等層之各者的澆注膜，然後定向該澆注膜）而非個別製造且接著後續結合，包括該複數個層的光學膜（例如，反射偏振器）一體成形。不與一體成形的多層光學膜整合的額外層係指額外層不與多層光學膜一體成形。例如，額外層可個別成形，且於隨後黏附（例如，使用光學清透黏著劑層壓）至多層光學膜。

【0021】 在一些實施例中，光學堆疊或包括在光學堆疊中的光學膜係鏡膜（例如，可見光鏡或紅外線鏡）或反射偏振器膜。圖 1A 的光學堆疊 120 描繪為反射偏振器，且圖 1B 的光學堆疊 120b 描繪為鏡。在一些實施例中，在光學堆疊 120 或包括在光學堆疊 120 中之光學膜的總面積的至少約 80%、或至少約 90%、或至少約 95%、或全部總面積上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80%、或大於約 90%、或大於約 95% 的反射率。預定波長可係預定波長範圍中的任何或所有波長。預定波長範圍可係可見光範圍（400 nm 至 700 nm）及/或可包括紅外線及/或紫外線波長。在一些實施例中，該預定波長係約 550 nm。

【0022】 在一些實施例中，在光學堆疊 120 或包括在光學堆疊 120 中之光學膜的總面積的至少約 80%、或至少約 90%、或至少約 95%、或全部總面積上的各位置對於具有相同預定波長及正交於第一偏振狀態之相同第二偏振狀態的法向入射光具有大於約 80%、或大於約 90%、或大於約 95% 的反射率。

【0023】 偏振狀態可特徵在於法向入射光界定與該光學膜正切之軸的電場向量之方向。若沿著在光學膜上的二個不同位置處的法向入射光之電場正切於光學膜或光學堆疊的軸係在各沿著一曲線與該光學膜相交的平行平面中，則偏振狀態可視為相同。若正切於光學膜或光學堆疊且正交於在光學膜上的二個不同位置處之法向入射光的電場的軸係在各沿著曲線與該光學膜相交的平行平面中，則偏振狀態也可視為相同。例如，平行於負 z 方向行進且入射在光學堆疊 120 之頂點（具

有最大 z 座標之點) 上的光可具有具有沿著 y 方向之電場的第一偏振狀態及具有沿著 x 方向之電場的第二偏振狀態。光線 113 的第一偏振狀態 163 與入射在該頂點之光的第一偏振狀態相同，此係因為在入射點的電場向量在二情形中均在與 y - z 平面平行的平面中。光線 184 的第二偏振狀態 193 與入射在該頂點之光的第二偏振狀態相同，此係因為在入射點的電場向量正交於在二情形中正切於該光學膜且在與 y - z 平面平行之平面中的軸（平行於 y 軸）。

【0024】 在一些實施例中，光學堆疊 120 包括光學膜，其中該光學膜係實質反射具有預定波長及阻光偏振狀態的法向入射光且實質透射具有預定波長及正交透光偏振狀態之法向入射光的反射偏振器。實質反射可理解為意指至少 60% 的反射率且實質透射可理解為意指至少 60% 的透射率。反射偏振器的阻光偏振狀態可描述為具有通過反射偏振器之最低透射率的偏振狀態，且透光偏振狀態係正交偏振狀態。在反射偏振器之中心的阻光偏振狀態可係第一偏振狀態。例如，阻光偏振狀態可由於熱成型光學膜成彎曲形狀所引起的變化而在遠離中心位置處不同於第一偏振狀態（例如，在平面圖中，阻光軸可變化小於約 5 度，或小於約 2 度）。

【0025】 具有預定波長 λ 的光線 113 以第一偏振狀態 163 幾乎法向入射在光學堆疊 120 上，且從光學堆疊 120 反射為反射光線 116。為易於圖解闡釋，展示一個小的非零入射角。在此情形中，光線 116 示意地繪示為從光學堆疊 120 完全反射（100% 的反射率及 0% 的透射率），但光學堆疊 120 可具有小於 100% 的反射率，且可具有在第一偏

振狀態 163 中透射通過光學堆疊 120 的一些光。具有預定波長 λ 的光線 184 以第二偏振狀態 193 幾乎法向入射在光學堆疊 120 上，且透射通過光學堆疊 120 為透射光線 186。在此情形中，光線 184 示意地繪示為從光學堆疊 120 完全透射（100%的透射率及 0%的反射率），但光學堆疊 120 可具有小於 100%的透射率，且可具有在第二偏振狀態 193 中從光學堆疊 120 反射的一些光（例如，由於菲涅耳反射）。第一偏振狀態 163 可係或可近似（例如，在平面圖中，在第一偏振狀態 163 之軸的 2 度內的阻光軸）光學堆疊 120 中之反射偏振器的阻光偏振狀態。第二偏振狀態 193 可係或可近似（例如，在平面圖中，在第二偏振狀態之軸的 2 度內的透光軸）光學堆疊 120 中之反射偏振器的透光偏振狀態。

【0026】 在其他實施例中，光學堆疊 120 包括實質反射第一偏振狀態 163 及第二偏振狀態 193 二者的鏡膜。此繪示於圖 1B 中，其展示與光學總成 100 類似的光學總成 100b，惟光學堆疊 120 已被光學堆疊 120b 所取代。光學總成 100b 可具有針對光學總成 100 所描述的性質，除了第二偏振狀態 193 的反射及透射性質外。在圖 1B 的情形中，光線 184 示意地繪示為從光學堆疊 120b 完全反射（100%的反射率及 0%的透射率），但光學堆疊 120b 可具有小於 100%的反射率，且可具有在第二偏振狀態 193 中透射通過光學堆疊 120b 的一些光。光學堆疊 120 及 120b 可包括實質判定各別光學堆疊之反射率及透射率的光學膜。

【0027】 可指定在面積 A 上的反射率及/或透射率，該面積係光學堆疊或光學膜之總面積的一些特定分率。例如，面積 A 可係總面積

的至少約 80%，且可例如排除接近光學堆疊的周邊之總面積的 20 百分比。在一些實施例中，面積 A 係光學堆疊 120 或 120b 的總面積或包括在光學堆疊中之光學膜的總面積。

【0028】 光學總成 100 可進一步包括設置在光學堆疊 120 上而與光學元件 110 相對的第二光學元件（圖 1A 至圖 1B 未繪示）。例如，光學元件 110 可係第一透鏡，且第二光學元件可係第二透鏡。

【0029】 圖 1C 係繪示最大厚度 h_1 及最小厚度 h_2 的光學元件 110 的示意截面圖。在光學元件之一位置的厚度可描述為通過該位置且通過該光學元件之相對主表面的最短距離。在一些實施例中，光學元件 110 係透鏡。在一些實施例中，透鏡具有隨位置變化不多於約 50% ($(H_2-H_1)/H_1 \times 100\%$ 不多於約 50%)、或不多於約 30%、或不多於 20%、或不多於約 10% 的透鏡厚度。在一些實施例中，透鏡具有隨位置變化至少約 20% ($(H_2-H_1)/H_1 \times 100\%$ 至少約 20%)、或至少約 30%、或至少約 40%、或至少約 50%、或至少約 60%、或至少約 75%、或至少約 100%、或至少約 150%、或至少約 200% 的透鏡厚度。隨位置變化至少一個指定百分比的透鏡厚度將具有比在至少一個第二透鏡位置的透鏡厚度大至少該指定百分比的至少一個第一透鏡位置。例如，若 H_2 係 H_1 的至少 1.5 倍，則透鏡厚度隨位置變化至少 50%，且在中心位置的厚度 H_2 比在邊緣位置的厚度 H_1 大至少 50%。

【0030】 圖 2 係包括一體成形的多層光學膜 222、額外膜或層 230、及層 232 的光學堆疊 220 的示意截面圖。在一些實施例中，層 232 係施加至多層光學膜 222 的保護塗層，且額外膜或層 230 係可釋離地附

接至該保護塗層的襯墊。該保護塗層可替代地視為多層光學膜 222 之一層。在其他實施例中，層 232 係黏著劑層，其將額外膜或層 232 附接至多層光學膜 222。光學膜 222 包括複數個干涉層 224 及非干涉層 226a 與 226b。複數個干涉層 224 包括交替的第一聚合層 221 及第二聚合層 223。

【0031】 複數個干涉層 224 主要藉由光學干涉而反射或透射光。當干涉層的反射率及透射率可藉由光學干涉合理地描述或可由於光學干涉而合理準確地模型化時，干涉層可描述為主要藉由干涉反射或透射光。此種干涉層係描述在美國專利第 5,882,774 號（Jonza 等人）及美國專利第 6,609,795 號（Weber 等人）中，例如，且可如所屬技術領域中已知地藉由共擠具有交替聚合層的熔融流、澆注該熔融流以形成澆注膜、然後定向（對鏡膜雙軸地且對反射偏振器膜實質單軸地）該澆注膜以製造雙折射層（例如，干涉層中每隔一層可係雙折射的，而其他層保持實質等向性）。具有不同折射率的相鄰干涉層對在一對相鄰干涉層具有光之 $\frac{1}{2}$ 波長的組合光學厚度（折射率乘以實體厚度）時反射光。干涉層一般具有小於約 200 奈米的實體厚度。非干涉層具有的光學厚度太大而無法貢獻經由干涉的可見光反射。通常，非干涉層具有至少 1 微米、或至少 3 倍預定波長、或至少 3 倍預定範圍中之最大波長的實體厚度。在一些實施例中，包括多於一個非干涉層。在一些實施例中，至少一個非干涉層（在所繪示之實施例中，非干涉層 226a 及 226b）與複數個干涉層 224 一體成形，且不主要藉由光學干涉而反射或透射光。

【0032】 在一些實施例中，額外層 230 係可釋離地結合至光學膜 222 的襯墊。結合至光學膜上但可從光學膜乾淨地移除而不會實質損壞光學膜的襯墊可描述為可釋離地結合至光學膜。在一些實施例中，可釋離地結合至光學膜的襯墊可從光學膜移除而不對光學膜造成可見損壞。在一些實施例中，當襯墊可從光學膜移除而不實質損害該光學膜時，對在光學膜之總面積的至少 80% 上的各位置而言，光學膜在該位置的反射率在移除襯墊之前與之後之間的差小於約 5%（例如，將襯墊移除之前與之後的反射率差之絕對值除以移除襯墊之後的反射率，再乘以 100%，結果可小於 5%）、或小於約 2%、或小於約 1%。例如，在一些實施例中，光學膜包括主要藉由光學干涉而反射或透射光的複數個交替的聚合層，且在光學膜之總面積的至少 80% 上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80% 的反射率，且襯墊可釋離地結合至光學膜使得光學膜在該位置的反射率在移除襯墊之前與之後之間的差小於約 5%、或小於約 2%、或小於約 1%。可釋離地結合的襯墊可包括具有強結合至基材、但弱結合至光學膜之黏著劑層的基材。例如，襯墊可包括施加至具有受處理以增加其對黏著劑的結合之表面的基材的薄弱黏性黏著劑層。其他適合襯墊包括靜電結合至光學膜的襯墊，例如，如在美國專利第 6,991,695 號（Tait 等人）中所描述者。合適襯墊的一個實例係可購自 Sun A Kaken Co, Ltd 的 OCPET NSA33T。

【0033】 在一些實施例中，光學堆疊 220 形成為彎曲形狀，然後光學組件被插入模製至與額外層 230 相對的光學堆疊上。在一些實施

例中，額外層 230 係在將光學堆疊 220 形成為一曲線形狀前經附接至光學膜 222 的襯墊，且在已將光學元件嵌入模製至光學堆疊 220 上之後，可從所得光學總成移除該襯墊而不實質損害光學膜 222。

【0034】 在一些實施例中，額外層 230 係光學清透的。在一些實施例中，額外層 230 係保護塗層或層，其可係光學清透的保護塗層或層。若層具有透射率小於 10% 以下的霧度，該層（例如，黏著劑層或硬塗層）可描述為係光學清透的。可根據 ASTM D1003-13 測試標準判定霧度。用於測量霧度的合適儀器係 Haze-Gard Plus 霧度計(BYK Gardner, Columbia, Maryland)。在一些實施例中，光學膜包括具有小於 3%、或小於 2%、或小於 1% 之霧度的保護塗層。

【0035】 圖 3 係可選地使用在光學堆疊中之光學膜 322（例如，取代光學堆疊 220 中的光學膜 222）的示意繪示。光學膜 322 包括由非干涉層 326b 隔開之干涉層的第一封包 224-1 及第二封包 224-2。光學膜 322 進一步包括外非干涉層 326a 及 326c。光學膜 322 可一體成形。第一封包 224-1 及第二封包 224-2 可利用如 2017 年 3 月 6 日申請且名稱為「High Contrast Optical Film and Devices Including the Same」之美國臨時專利申請案第 62/467712 號中所描述的重疊厚度範圍，例如，以提供具有高對比率（透光狀態透射率對阻光狀態透射率的比率）的反射偏振器，或提供具有低洩漏的鏡。在一些實施例中，利用具有重疊厚度範圍之封包的反射偏振器例如具有至少 99%、或至少 99.5%、或至少 99.8% 的阻光狀態反射率。

【0036】 在一些實施例中，光學膜 222 或 322 對於具有預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80% 的反射率。在一些實施例中，即使在光學膜或光學堆疊（例如，光學堆疊 220）熱成型成彎曲形狀且光學元件經模製至該光學膜或堆疊上之後，本說明的光學膜 222 或 322 或其他光學膜仍具有高反射率。例如，在一些實施例中，在光學膜的總面積的至少約 80%、或至少約 90%、或全部總面積上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約 80%、或大於約 90% 的反射率。光學膜甚至在經形成且具有經模製至光學膜上的光學元件之後仍可具有低洩漏。例如，在一些實施例中，在光學膜的總面積的至少約 80%、或至少約 90%、或全部總面積上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有小於約 5%、或小於約 2%、或小於約 1%、或小於約 0.6%、或小於約 0.5% 的透射率。在一些實施例中，光學膜係實質反射具有預定波長及阻光偏振狀態的法向入射光且實質透射具有預定波長及正交透光偏振狀態之法向入射光的反射偏振器。在一些實施例中，在反射偏振器的總面積的至少約 80%、或至少約 90%、或全部總面積上的各位置對於具有預定波長及阻光偏振狀態的法向入射光具有小於約 5%、或小於約 2%、或小於約 1%、或小於約 0.6%、或小於約 0.5% 的透射率。

【0037】 在一些實施例中，光學堆疊包括光學膜及延伸超過光學膜之周邊的額外層。例如，額外層可在沿著光學膜的周邊與光學膜正切的所有方向延伸。圖 4A 至圖 4B 係包括光學膜 422 及額外層 430 之

光學堆疊 420 的示意側視圖及仰視圖。在一些實施例中，光學膜 422 係如本文它處進一步描述的一體成形的多層光學膜（例如，光學膜 422 可對應於光學膜 222 或 322）。在一些實施例中，額外層 430 係保護層（例如，在基材上之光學清透硬塗層）或襯墊。在一些實施例中，額外層 430 係可釋離地結合至光學膜 422 的襯墊。光學膜 422 具有周邊 425，且額外層 430 完全覆蓋光學膜 422 且延伸超過光學膜 422 的周邊 425。在一些實施例中，額外層 430 與光學膜 422 之間的界面 428 係光學平滑的。在其他實施例中，界面 428 經紋理化。若表面實質上沒有由於粗糙度所引起的散射而係充分平滑的，則該表面係光學平滑的。例如，若表面粗糙度參數 R_a 顯著小於可見光的波長（例如，小於 50 nm），則可忽略來自表面粗糙度的光學效應，且表面可描述為光學平滑的。紋理化表面通常包括具有足夠大幅度的紋理（該表面不係光學平滑的）。在一些實施例中，保護塗層設置於界面 428 處的光學膜 422 上。

【0038】 圖 4C 繪示替代實施例，其中除了光學膜 422 以外，光學堆疊 420c 亦包括第一層 430c 及第二層 430b。第一層 430c 延伸超出光學膜 422 的周邊 425，但第二層 430b 未延伸超出該周邊。在一些實施例中，第二層 430b 係保護塗層（例如，硬塗層），且第一層 430c 係襯墊。

【0039】 在一些實施例中，光學堆疊包括具有在襯墊的第一主表面與該光學膜的最外主表面之間的界面的光學膜。界面可係光學平滑的或可經紋理化。可期望界面在一些應用中係光學平滑的（例如，以

提供鏡面反射)而在其他應用中經紋理化(例如,另外將某種程度的漫射特徵加至鏡面反射)。圖 4D 係包括襯墊 430d、光學膜 422d、及紋理界面 428d 之光學堆疊 420d 的示意截面圖。光學膜通常以光學平滑的表面開始,但該表面可在後續膜處理中變成經紋理化。例如,界面可由於形成程序而紋理化。在一些實施例中,光學膜可在熱成型程序中形成為所欲形狀,例如,且來自在熱成型程序中使用之模具的紋理可藉由賦予至隨後為襯墊所覆蓋之光學膜的外表面。例如,模具中的紋理可設計至模具中,或可係如何製造該模具的人工製品。在其他實施例中,在熱成型之前施加襯墊(其可係或可不係使用在後續插入模製程序中的相同襯墊)至光學膜上,且來自模具的任何紋理不被賦予光學膜。

【0040】 在一些實施例中,層 430b 或本文他處描述的其他額外層係保護層(例如,藉由固化塗層所形成的層)、或保護膜(例如,具有保護塗層的膜)。對於包括設置在一光學元件(例如,透鏡)上之一光學膜的本說明書之光學總成之任何者而言,該光學膜可包括一保護塗層,該保護塗層背對該光學元件(例如,該保護塗層可設置在該光學膜的一最外主表面處,且該光學膜之相對主表面可接觸該光學元件)及/或在當中包括襯墊的實施例中面向一襯墊。

【0041】 在一些實施例中,保護塗層包括至少部分固化的組成物,該組成物包括:

a) 基於組分 a)至 d)的總重量,70 至 96 重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物,其具有 2 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯官能性;

b) 基於組分 a)至 d)的總重量，2 至 20 重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有 1 至 2 的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包括胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；

c) 基於組分 a)至 d)的總重量，可選的 0.5 至 2 重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；及

d) 可選的有效量之光起始劑；

e) 可選的無機奈米粒子；及

f) 可選的溶劑。

【0042】 類似的保護塗層係進一步描述於 2016 年 12 月 16 日申請且名稱為「Infrared-Reflecting Optically Transparent Assembly and Method of Making the Same」的美國臨時專利申請案第 62/549082 號中，該案在不與本說明書牴觸之程度下以引用方式併入本文中。該組成物可經塗佈至光學膜上，然後在將光學膜形成（例如，熱成型）為所欲形狀之前經固化。組成物之組分 a)至 f)係指經至少部分固化之前的組成物。在一些實施例中，保護塗層具有不大於 30 微米的平均厚度（例如，在 0.5 微米至 30 微米之範圍中、或在 1 微米至 20 微米之範圍中的厚度）。平均厚度係指在保護塗層之總面積上平均（未加權平均數）所得出的厚度。

【0043】 若存在溶劑，則對該組成物（其可在經固化之前稱為可固化組成物）可選地（但一般而言地）進行至少部分地乾燥，以提供至少部分乾燥的可固化組成物。接著對該可固化組成物（或該至少部分乾燥的可固化組成物）進行至少部分固化，以提供經定形狀之耐磨

多層光學膜。在一些實施例中，該至少部分固化組成物經完全固化或實質上完全固化。

【0044】 前綴字「(甲基)丙烯酸鹽基((meth)acryl)」係指「甲基丙烯酸鹽基及/或丙烯酸鹽基」。「平均(甲基)丙烯酸酯官能性(average(meth)acrylate functional)」係指每分子之(甲基)丙烯酸酯基團之平均數目。「胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物」係指具有至少一個（較佳地，至少 2 個、3 個、4 個、或更多個）胺甲酸酯基（亦即， -NHC(=O)O- ）及至少一個(甲基)丙烯酸鹽基的化合物。按定義，組成物中之成分的總重量百分比等於 100 重量百分比。

【0045】 胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物有助於經固化組成物之適形性及可撓性，且因此有助於其用於熱成型的適宜性。具有 2 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯官能性的例示性胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物可購自商業來源，及/或可根據已知方法製備。在一些實施例中，該等胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有 2 至 9.5、或 2 至 4.8、或 2 至 4.3、2.3 至 4.3、或 2.5 至 4.1、或 3 至 9.5、或 3 至 9、或 3 至 4.8 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性。胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物可係純化合物或純化合物之混合物。在一些情況下，具有較高及較低平均(甲基)丙烯酸酯官能性的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物可經組合以達成 2 至 4.8、或另一所欲值的平均(甲基)丙烯酸酯官能性。可選擇平均(甲基)丙烯酸酯官能性以同時給予所欲的抗刮性及可熱成型性。所欲的平均(甲基)丙烯酸酯官能性可取決於所欲之形狀及經熱成型之膜之使用。例如，可在將經塗佈的膜熱成型至較大曲率時（例如，基數 8 或更高），選

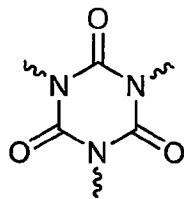
擇較低平均(甲基)丙烯酸酯官能性（例如，2 至 4.8）以給予經改善的可熱成型性（例如，較小的破裂傾向），且可選擇較高平均(甲基)丙烯酸酯官能性（例如，3 至 9.5）以給予經改善的抗刮性。亦可選擇胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物之分子量，以同時給予所欲的抗刮性及可熱成型性。在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有 1100 g/莫耳至 2100 g/莫耳或 1100 g/莫耳至 1300 g/莫耳之分子量。可選擇具有較高丙烯酸酯當量的較低分子量範圍以改善可熱成型性，且可選擇具有較低丙烯酸酯當量的較高分子量範圍以改善耐刮性。

【0046】 可用的市售胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包括：EBECRYL 264 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 265 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 1258 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 4100 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 4101 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 8412 脂族胺甲酸酯丙烯酸酯（三官能）、EBECRYL 4654 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 4666 脂族胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 4738 脂族脲甲酸酯胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 4740 脂族脲甲酸酯胺甲酸酯三丙烯酸酯、EBECRYL 8405 脂族胺甲酸酯四丙烯酸酯、EBECRYL 8604 脂族胺甲酸酯四丙烯酸酯、EBECRYL 4500 芳族胺甲酸酯四丙烯酸酯、EBECRYL 4501 芳族胺甲酸酯四丙烯酸酯、EBECRYL 4200 脂族胺甲酸酯四丙烯酸酯、EBECRYL 4201 脂族胺甲酸酯四丙烯酸酯、EBECRYL 8702 脂族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 220 芳族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 221 芳族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 2221 芳族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL

2221 芳族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 5129 脂族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 1290 脂族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 1291 脂族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 8301-R 脂族胺甲酸酯六丙烯酸酯、EBECRYL 8602 脂族胺甲酸酯丙烯酸酯（非官能性），全部皆來自 Allnex, Brussels, Belgium；及來自 Sartomer Co., Exton, Pennsylvania 的 CN929 三官能性胺甲酸酯丙烯酸酯及 CN9006 脂族胺甲酸酯丙烯酸酯（六官能性）。

【0047】 在一些實施例中，（多種）胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物可藉由使聚異氰酸酯化合物與羥基官能性(甲基)丙烯酸酯化合物反應而合成。各式各樣的聚異氰酸酯可用於製備胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物。如本文中所使用，用語「聚異氰酸酯(polyisocyanate)」係指在單個分子中具有二或更多個反應性異氰酸酯(-NCO)基的任何有機化合物，例如，二異氰酸酯、三異氰酸酯、四異氰酸酯、及其混合物。針對改善風化及減少泛黃，本文使用的（多種）胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物較佳地係脂族且因此衍生自脂族聚異氰酸酯。

【0048】 在一些較佳實施例中，該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物較佳地係六亞甲基二異氰酸酯(hexamethylene diisocyanate, HDI)之反應產物（諸如可以 DESMODUR H 購自 Covestro LLC, Pittsburgh, Pennsylvania）或其衍生物。此等衍生物包括，例如含有縮二脲基團之聚異氰酸酯，諸如可以 DESMODUR N-100 購自 Covestro LLC 之六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物、含有一或多個異氰脲酸酯環之聚異氰酸酯



諸如可以 DESMODUR N-3300 購自 Covestro LLC 的聚異氰酸酯、以及含有胺甲酸酯基團、脲二酮基團、碳二亞胺基團、及/或脲甲酸酯基團之聚異氰酸酯。又另一種有用的衍生物係六亞甲基二異氰酸酯(HDI)三聚物，可以 DESMODUR N-3800 購自 Covestro LLC。這些衍生物係較佳的，因為其等係聚合的，展現非常低的蒸氣壓，且實質上沒有異氰酸酯單體。

【0049】 在一些實施例中，（多種）胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物係聚異氰酸酯之（多種）反應產物，諸如具有至少 10 百分比、至少 15 百分比、或甚至至少 20 重量百分比-NCO（即，異氰酸酯基團）含量之六亞甲基二異氰酸酯(HDI)衍生物。在一些情況下，HDI 或其他聚異氰酸酯可與羥基官能性(甲基)丙烯酸酯化合物及多元醇反應。聚異氰酸酯之-NCO 含量較佳地不大於 50 重量百分比。一些實施例中，聚異氰酸酯一般具有每-NCO 基團至少 80、100、120、140、160、180、或甚至 200 克之當量。當量一般不大於每-NCO 基團 500、450、或 400 克，且在一些實施例中不大於每-NCO 基團 350、300、或 250 克，雖然此並非要求。

【0050】 當使用包含環狀基團（諸如異佛爾酮二異氰酸酯(isophorone diisocyanate, IPDI)衍生物）的脂族聚異氰酸酯時，所得之

經固化組成物可較不具可撓性（例如，具有不良的可熱成型性）並具有不良的抗磨損性。

【0051】 聚異氰酸酯與具有式 HOQ(A)_p 之羥基官能性丙烯酸酯化合物反應；其中 Q 係二價有機鍵聯基，A 係(甲基)丙烯酸酯官能基 $-\text{XC}(=\text{O})\text{C}(\text{R}_2)=\text{CH}_2$ ，其中 X 係 O、S、或 NR，其中 R 係 H 或 C_1 - C_4 烷基， R_2 係 1 至 4 個碳原子之低級烷基或 H；且 p 係 1 至 6。-OH 基與形成胺甲酸酯鍵聯的異氰酸酯基團反應。

【0052】 在一些實施例中，聚異氰酸酯可與二醇丙烯酸酯反應，諸如式 $\text{HOQ(A)}\text{Q}_1\text{Q(A)}\text{OH}$ 之化合物，其中 Q_1 係二價鍵聯基，且 A 係(甲基)丙烯酸酯官能基，如先前所述者。代表性化合物包括乙內醯脲六丙烯酸酯(hydantoin hexaacrylate, HHA)（例如，參見美國專利第 4,262,072 號（Wendling 等人）之實例 1）、及 $\text{H}_2\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{C}(=\text{O})\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{O}(\text{CH}_2)_4\text{OCH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{OC}(=\text{O})\text{C}(\text{CH}_3)=\text{CH}_2$ 。

【0053】 Q 及 Q_1 獨立地係含直鏈、支鏈、或含環的連接基團。Q 可，例如，包括共價鍵、伸烷基、伸芳基、伸芳烷基、或伸烷芳基。Q 可選地包括雜原子，諸如 O、N、及 S，以及其組合。Q 亦可選地包括括雜原子之官能基，諸如羰基、或磺醯基，及其組合。在一實施例中，用以製備胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物之羥基官能性丙烯酸酯化合物係單官能性，諸如在丙烯酸羥乙酯、丙烯酸羥丙酯、丙烯酸羥丁酯、及己內酯單丙烯酸酯的情況中，其等可以 SR-495 購自 Sartomer Co.。在此實施例中，p 係 1。

【0054】 在另一實施例中，用以製備胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物之羥基官能性丙烯酸酯化合物係多官能性，諸如在甘油二甲基丙烯酸酯、1-(丙烯酸鹽氧基)-3-(甲基丙烯酸鹽氧基)-2-丙醇、及新戊四醇三丙烯酸酯的情況中。在此實施例中，p 係至少 2、至少 3、至少 4、至少 5、或至少 6。

【0055】 在一些實施例中，僅單官能性羥基官能性丙烯酸酯化合物係用於製備胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物。在其他實施例中，單官能性及多官能性羥基官能性丙烯酸酯化合物之組合係用於製備胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物。在一些實施例中，單官能性羥基官能性丙烯酸酯化合物對多官能性羥基官能性丙烯酸酯化合物之重量比的範圍係自 0.5:1 至 1:0.5。當胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物係僅由多官能性羥基官能性丙烯酸酯化合物製備時，在一些實施例中所得之經固化組成物可較不具可撓性。

【0056】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰酸酯加成物，該兩者具有單官能性羥基官能性丙烯酸酯，諸如丙烯酸羥乙酯、丙烯酸羥丙酯、丙烯酸羥丁酯、或己內酯單丙烯酸酯、及其混合物。

【0057】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰酸酯加成物，該兩者具有雙官能性羥基官能性丙烯酸酯，諸如甘油

二甲基丙烯酸酯、1-(丙烯醯氧基)-3-(甲基丙烯醯氧基)-2-丙醇、及其混合物。

【0058】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或HDI之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯及可選地至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯，該至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自丙烯酸羥乙酯、丙烯酸羥丙酯、丙烯酸羥丁酯、或己內酯單丙烯酸酯，該至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自甘油二甲基丙烯酸酯、1-(丙烯醯氧基)-3-(甲基丙烯醯氧基)-2-丙醇、或新戊四醇三丙烯酸酯。

【0059】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或HDI之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯及可選地至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯，該至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自丙烯酸羥乙酯、丙烯酸羥丙酯、丙烯酸羥丁酯、或己內酯單丙烯酸酯，該至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自甘油二甲基丙烯酸酯、1-(丙烯醯氧基)-3-(甲基丙烯醯氧基)-2-丙醇、或新戊四醇三丙烯酸酯，其中具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯的該六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物或該HDI之異氰脲酸酯加成物具有3.5至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性。

【0060】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯及可選地至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯，該至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自丙烯酸羥乙酯、丙烯酸羥丙酯、丙烯酸羥丁酯、或己內酯單丙烯酸酯，該至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自甘油二甲基丙烯酸酯、1-(丙烯醯氧基)-3-(甲基丙烯醯氧基)-2-丙醇、或新戊四醇三丙烯酸酯，其中具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯的該六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物或該 HDI 之異氰脲酸酯加成物具有 3.5 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯官能性，且具有 1100 g/莫耳至 2100 g/莫耳之分子量。

【0061】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯及可選地至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯，該至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自丙烯酸羥乙酯、丙烯酸羥丙酯、丙烯酸羥丁酯、或己內酯單丙烯酸酯，該至少一種多官能性羥基官能性丙烯酸酯係獨立地選自甘油二甲基丙烯酸酯、1-(丙烯醯氧基)-3-(甲基丙烯醯氧基)-2-丙醇、或新戊四醇三丙烯酸酯，其中具有至少一種單官能性羥基官能性丙烯酸酯的該六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物或該 HDI 之異氰脲酸酯加成物具有 3.5 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯

官能性，具有 1100 g/莫耳至 2100 g/莫耳之分子量，且具有 307 g/當量至 220 g/當量之丙烯酸酯當量。

【0062】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合。

【0063】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合，其具有 3.5 至 9 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性。

【0064】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合，其具有 3.5 至 9 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性，且具有 1100 g/莫耳至 2100 g/莫耳之分子量。

【0065】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合，其具有 3.5 至 9 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性，具有 1100 g/莫耳至 2100 g/莫耳之分子量，且具有 307 g/當量至 220 g/當量之丙烯酸酯當量。

【0066】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合，其具有 3.5 至 4.8 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性。

【0067】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合，其具有 3.5 至 4.8 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性，且具有 1100 g/莫耳至 1300 g/莫耳之分子量。

【0068】 在一些實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物包含六亞甲基二異氰酸酯(HDI)之縮二脲加成物之反應產物、或 HDI 之異氰脲酸酯加成物，該兩者具有丙烯酸羥乙酯或丙烯酸羥乙酯及新戊四醇三丙烯酸酯之組合，其具有 3.5 至 4.8 的平均(甲基)丙烯酸酯官能性，具有 1100 g/莫耳至 1300 g/莫耳之分子量，且具有 307 g/當量至 275 g/當量之丙烯酸酯當量。

【0069】 在一些實施例中，聚異氰酸酯上的一些異氰酸酯基可與多元醇（諸如，以 Polyol 4800 之商品名稱購自 Perstorp Holding AB, Sweden 的烷氧基化多元醇）反應。此類多元醇可具有 500 至 1000 mg KOH/g 的羥基數及範圍從至少 200 或 250 g/莫耳至至多 500 g/莫耳的分子量。

【0070】 在一些實施例中，聚異氰酸酯上的一些異氰酸酯基可與多元醇（諸如，1,6-己二醇）反應。

【0071】 用於使聚異氰酸酯與(甲基)丙烯酸酯化之醇反應之反應條件的選擇，及催化劑（若有的話）的選擇，對所屬技術領域中具有通常知識者將係顯而易見的。進一步的實例可見於以下實例部分中。

【0072】 實用的(甲基)丙烯酸酯單體（其較佳係非胺甲酸酯，且較佳係非聚矽氧，雖然此非必要條件）具有 1 至 2 的(甲基)丙烯酸酯官能度。例如，此等單體可用作稀釋劑或溶劑、用作黏度降低劑、當固化時用作黏著劑、及用作交聯劑。實用的(甲基)丙烯酸酯的實例包括單(甲基)丙烯酸酯，諸如，(甲基)丙烯酸辛酯、壬基酚聚氧乙烯醚(甲基)丙烯酸酯(nonylphenol ethoxylate (meth)acrylate)、(甲基)丙烯酸異壬酯、(甲基)丙烯酸異癸酯、(甲基)丙烯酸 2-(2-乙氧基乙氧基)乙酯、(甲基)丙烯酸 2-乙基己酯、(甲基)丙烯酸月桂酯、(甲基)丙烯酸 β -羧乙酯、(甲基)丙烯酸異丁酯、(甲基)丙烯酸 2-羥乙酯、(甲基)丙烯酸異癸酯、(甲基)丙烯酸十二酯、(甲基)丙烯酸正丁酯、(甲基)丙烯酸甲酯、(甲基)丙烯酸己酯、(甲基)丙烯酸、(甲基)丙烯酸十八酯、羥基官能性己內酯(甲基)丙烯酸酯、(甲基)丙烯酸異辛酯、(甲基)丙烯酸羥甲酯、(甲基)丙烯酸羥丙酯、(甲基)丙烯酸羥異丙酯、(甲基)丙烯酸羥丁酯、(甲基)丙烯酸羥異丁酯、(甲基)丙烯酸四氫糠酯、及上述(甲基)丙烯酸酯單體的烷氧基化版本，諸如，烷氧基化(甲基)丙烯酸四氫糠酯及其組合。在一些實施例中，(甲基)丙烯酸四氫糠酯係較佳的；二(甲基)丙烯酸酯，諸如，1,6-己二醇二(甲基)丙烯酸酯、聚(乙二醇)二(甲基)丙烯酸酯、聚丁二烯二(甲基)丙烯酸酯、聚胺甲酸酯二(甲基)丙烯酸酯、乙二醇二(甲基)丙烯酸酯、己二醇二(甲基)丙烯酸酯、二甘醇二(甲基)

丙烯酸酯、三甘醇二(甲基)丙烯酸酯、四甘醇二(甲基)丙烯酸酯、新戊醇二(甲基)丙烯酸酯、上述二(甲基)丙烯酸酯的烷氧基化版本、及其組合。其中，在一些實施例中，1,6-己二醇二丙烯酸酯係較佳的。具有 1 或 2 官能度的(甲基)丙烯酸酯單體（例如，如上所列）可廣泛地自市場取得。

【0073】 例示性實用的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯包括單官能及多官能聚矽氧(甲基)丙烯酸酯。其中，聚矽氧烷聚(甲基)丙烯酸酯可係較佳的，此係因為未結合聚矽氧(甲基)丙烯酸酯的可能性通常在固化後減少。例示性聚矽氧(甲基)丙烯酸酯包括來自 Allnex 的 EBECRYL 350 聚矽氧二丙烯酸酯及 EBECRYL 1360 聚矽氧六丙烯酸酯、來自 Sartomer Co. 的 CN9800 脂族聚矽氧丙烯酸酯及 CN990 聚矽氧化胺甲酸酯丙烯酸酯化合物、及來自 Evonik Industries, Parsippany, New Jersey 的 TEGO RAD 2100、TEGO RAD 2250、及 TEGO RAD 2500 聚矽氧聚醚丙烯酸酯。

【0074】 可固化組成物可以可選地，但較佳地，進一步包括有效量的光起始劑。用語「有效量(effective amount)」係指在環境條件下至少足以導致可固化組成物固化之量的量。一般而言，有效量的光起始劑包括總可固化組成物的小於 10 重量百分比、更一般地小於 7 重量百分比、及更一般地小於 3 重量百分比。應認知到即使殘留可聚合的(甲基)丙烯酸酯基，固化仍可係完成的。

【0075】 例示性光起始劑包括 α -裂解光起始劑，諸如，安息香及其衍生物，諸如， α -甲基安息香； α -苯基安息香； α -丙基安息香；

α -苄基安息香；安息香醚，諸如，二苯乙二酮二甲基縮酮（以 IRGACURE 651 之商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals, Tarrytown, New York）、安息香甲基醚、安息香乙基醚、安息香正丁基醚；苯乙酮及其衍生物，諸如，2-羥基-2-甲基-1-苯基-1-丙酮（以 DAROCUR 1173 商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals）及 1-羥環己基苯基酮（以 IRGACURE 184 之商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals）；2-甲基-1-[4-(甲硫基)苯基]-2-(4-嗎啉基)-1-丙酮（以 IRGACURE 907 之商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals）；2-苄基-2-(二甲胺)-1-[4-(4-嗎啉基)苯基]-1-丁酮（以 IRGACURE 369 的商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals）；鈦錯合物，諸如，雙(η^5 -2,4-環戊二烯-1-基)雙[2,6-二氟-3-(1H-吡咯-1-基)苯基]鈦（以 CGI 784 DC 之商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals）；及單醯基膦及雙醯基膦（以 IRGACURE 1700、IRGACURE 1800、IRGACURE 1850、及 DAROCUR 4265 之商品名稱購自 Ciba Specialty Chemicals）。一種實用的光起始劑、雙官能性 α 羥基酮係以 ESACURE ONE 之商品名稱購自 Lamberti S.p.A, Albizzate, Italy。

【0076】 所欲地，若利用醯基膦或氧化醯基膦(acylphosphine oxide)光起始劑，則將其與光起始劑（例如，2-羥基-2-甲基-1-苯基-1-丙酮）組合，該光起始劑在光化輻射之一或多個波長下具有高消光係數。此組合一般促進表面固化，同時維持低量的昂貴光起始劑。

【0077】 其他有用的光起始劑包括：蒽醌類（例如，蒽醌、2-乙基蒽醌、1-氯蒽醌、1,4-二甲基蒽醌、1-甲氧基蒽醌）及二苯基酮及其衍生物（例如苯氧基二苯基酮、苯基二苯基酮）。

【0078】 可固化組成物可含有可選的溶劑，通常係有機溶劑，但可使用水/溶劑摻合物。例示性可選的溶劑包括烴類或鹵化烴類（例如，甲苯、環己烷、石油醚、低級醇類（例如，甲醇、乙醇、丙醇、及異丙醇）、脂族酸之酯類（例如，乙酸乙酯）、醚類（例如，四氫呋喃）、及酮類（例如丙酮及甲基乙基酮）。溶劑可單一使用或摻合使用。所屬技術領域中具有通常知識者可輕易判定使用哪個溶劑，及其用量。

【0079】 可固化組成物亦可含有一或多種可選的添加劑，諸如例如填充劑、增稠劑、增韌劑、顏料、纖維、增黏劑、潤滑劑、潤濕劑、界面活性劑、消泡劑、染料、偶合劑、塑化劑、及懸浮劑。

【0080】 在一些實施例中，可固化組成物進一步包括奈米粒子，諸如 α 氧化鋁奈米粒子，以可固化組成物的總重量計，較佳地係 0.2 至 9 重量百分比的量（更佳的是 0.2 至 3 重量百分比的量）。

【0081】 較佳的是， α 氧化鋁奈米粒子具有自 0.05 至 1 微米的 Dv50（以體積計算之中位數粒徑）之粒徑分布。在一些較佳實施例中， α 氧化鋁奈米粒子具有 0.05 至 0.3 微米、或 0.05 至 0.2 微米、或 0.06 至 0.15 微米之 Dv50 的粒徑分布。在一些實施例中， α 氧化鋁奈米粒子具有多峰分布。

【0082】 α 氧化鋁奈米粒子包括，或較佳的是基本上由（例如，係至少 99 重量百分比）、或甚至由其 α 結晶形式的氧化鋁所組成。

【0083】 α 氧化鋁奈米粒子可藉由研磨較大粒徑的 α 氧化鋁（例如，使用球磨機或噴射研磨機）來製成。若使用球磨機，則研磨介質較佳地包括 α 氧化鋁，或甚至由 α 氧化鋁所組成，雖然仍可使用其他研磨介質，諸如例如錯酸鋁介質。

【0084】 具有自 0.05 至 1 微米之 Dv50 之粒徑分布範圍的 α 氧化鋁奈米粒子可自商業來源輕易獲得。供應商包括 US Research Nanomaterials, Inc., Houston, Texas ; Sisco Research Laboratories Pvt. Ltd., Mumbai, India ; 以及 Baikowski International Corp., Charlotte, North Carolina 。

【0085】 可藉由任何合適技術將可固化組成物塗佈至光學膜的主表面上，該技術包括例如噴塗、輥塗、凹版塗佈、狹縫塗佈、刮刀塗佈、棒塗佈、及浸塗。如果存在可選的溶劑，則一般藉由蒸發溶劑之一些或全部（例如，使用強制通風烘箱或其他加熱構件）來至少部分地乾燥。

【0086】 接著，至少部分固化可選地至少部分地乾燥之該可固化組成物，較佳地完全固化，以提供耐磨光學膜。若該可固化組成物包括熱起始劑（例如，過氧化物起始劑）、微粒輻射（例如，電子束）、或光固化（例如，使用紫外線及/或電磁輻射之可見光波長），則可使用熱來達成固化。用於此類固化技術的技術在所屬技術領域中係熟知的且在該技術領域中具有通常知識者之能力內。

【0087】 一旦製備耐磨光學膜，則藉由熱成型來定形狀，以產生經定形狀之耐磨多層光學膜。該熱成型可使用母模具或使用公模具進行。在本說明書之一些態樣中，提供用於保護層之組成物，該等組成物導致在使用具有相對高曲率及/或垂度（最大位移）的母模具熱成形時，該保護層中實質上無破裂。例如，在一些實施例中，組成物包括 80 至 96 重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物及 2 至 12.5 重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其中胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物之平均(甲基)丙烯酸酯官能性係自 2 至 4.8，且保護塗層具有 58 mm 至 76 mm 之最佳擬合球面曲率半徑及 13 至 20 mm 之自在保護塗層之中心處正切於該保護塗層之平面的最大位移（垂度）。在一些此類實施例中，或在其他實施例中，胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有在 1100 g/莫耳至 1300 g/莫耳範圍中的分子量。

【0088】 在熱成型中，通常有利的是緊接著在模具中形成片材之前將經加熱之片材預拉伸。這係出於兩個主要原因。首先，特別是在將簡單的真空成型與固相成型組合時，可用之力可能不足以拉伸並有效率地形成片材。第二個原因在於，一些形狀（例如，具有相對高縱橫比的杯狀或盒狀形式）在未預拉伸的情況下形成時，會使壁厚度變化過度。此現象發生係因為片材道先向下觸碰在模穴之邊緣及側壁上，接著才可能是基部的中心。急冷及摩擦的組合機制傾向將片材錨定在這些位置中，使得所有需用來完成成型的剩餘變形係由片材面積之一小比例提供。在此情況下，補救方式可係以與模具形式之幾何形狀相關的方式來選擇性預拉伸。

【0089】 選擇性預拉伸係藉由經特殊定形狀之柱塞來達成，該等柱塞經機械地推進至經加熱之片材中，依經計算以用於抵消模具幾何形狀所賦予之薄化傾向的方式來產生局部拉伸。該技術通常稱為柱塞輔助。柱塞形狀對於壁厚度變化具有可觀的影響。柱塞設計既是一種科學，亦是一種藝術。鈍鼻柱塞傾向於產生具有厚基部與較薄側壁之物品。在另一方面，漸縮狀的罐狀柱塞產生一種具有較厚及較強的隅角之成型。柱塞設計必須針對各個別應用進行最佳化，但一般原則是係針對在形式上無銳利轉變的平滑表面與混合形狀。經加熱之聚丙烯片材的摩擦係數相對較高，因此應由低摩擦材料製作柱塞。一般的選擇係聚醯胺、PTFE、或經填充之環氧樹脂。

【0090】 當將片材預拉伸廣泛實施在整個片材上，而非針對個別模具特徵的局部區域時，則藉由部分真空或正氣壓來達到效果。在這兩種情況下，採用低壓差及經控制之流速來使片材膨脹，而不造成過度薄化或破裂。藉由正氣壓的預拉伸經常稱為氣脹(billow)。氣壓有時係由活塞效應產生，該效應係藉由將模具朝片材推進而產生。此預拉伸技術通常係已知為空氣滑動(air slip)。一些程序組合柱塞式及氣脹式預拉伸技術。

【0091】 可藉由以下來評估熱塑性膜（例如，多層光學膜）上之硬塗層的可熱成型性：以具有例如 8 基數(base)透鏡形狀（66.25 毫米之球面曲率半徑及 18.5 毫米之最大深度（垂度））之母模具熱成形該等硬塗層，以及判定從透鏡形狀之中心至透鏡形狀之邊緣的硬塗層破裂量。較佳的實施例在透鏡形狀上展現無任何破裂。當使用母模具時，

若透鏡形狀上的塗層破裂，則破裂通常始於其中心。例如，若破裂始於中心並持續至透鏡形狀之中心與邊緣之間的距離之 20%，則在實例中將破裂報告為自中心 20%。一旦透鏡形狀經熱成型，則當在進一步模製操作中使用此透鏡形狀時，通常不會有進一步的破裂。

【0092】 圖 5A 係包括具有相對的第一主表面 515 及第二主表面 517 的透鏡及設置在透鏡 510 上之光學堆疊 520 的光學總成 500 的示意截面圖。第一主表面 515 包括第一部分 512 及第二部分 514。光學堆疊包括光學膜 522 及可選的額外膜或層 530。額外層 530 也可稱為第一層。可包括一個以上額外層 530。例如，額外層可包括設置在光學膜 522 上的第一層及設置在該第一層上而與透鏡 510 相對的第二層（例如，第一層可係硬塗層且第二層可係襯墊）。光學膜 522（其可係如本文它處進一步描述的多層光學膜）具有第一主表面 527 及第二主表面 529。光學膜 522 的第一主表面 527 設置在透鏡 510 之第一主表面 515 的第一部分 512 上。光學膜 522 設置在透鏡 510 與額外層 530 之間，例如，該額外層可係襯墊或保護層。在一些實施例中，光學膜 522 係一體成形的多層光學膜，且額外層 530 不與光學膜 522 整合。在一些實施例中，光學膜 522 包括在主表面 529 上之保護塗層（例如，對應於層 430b），且額外層 530 係離型襯墊。

【0093】 第二主表面 529 與第一主表面 515 的第二部分 514 實質齊平。若主表面與另一表面之間の間隔不多於膜或層之厚度的約 30%，則膜或層的主表面可描述為與該另一表面實質齊平（或其他表面與該

膜或層的主表面實質齊平)。在一些實施例中，膜或層的主表面與其他表面之間的間隔不多於膜或層之厚度的 20%、或不多於 10%。

【0094】 如圖 5A 中所示意地繪示的，第一主表面 515 的第二部分 514 可從第一主表面 515 的第一部分 512 垂直地延伸，第二部分 514 可從第一部分 512 以一些角度延伸。當透鏡插入模製至光學堆疊 520 上時，精確角度可藉由光學膜 522 之邊緣的形狀判定。邊緣的形狀可取決於光學膜 522 如何從更大的膜（例如，一卷光學膜）切出。

【0095】 在一些實施例中，可不包括額外層 530。在一些實施例中，光學總成 500 使用其係隨後移除之襯墊的額外層 530 形成。圖 5B 係可例如藉由從光學總成 500 移除額外層 530 而形成之光學總成 500b 的示意繪示。

【0096】 圖 5C 係不具有設置在第一主表面 515 上之（多個）光學膜的透鏡 510 的示意截面圖，且圖 5D 係透鏡 510 的示意俯視圖。第一主表面 515 可描述為界定彎曲凹部 519。在所繪示的實施例中，彎曲凹部 519 在第一主表面 515 的第一部分 512 上方延伸，且由第一主表面 515 的第二部分 514 界限。

【0097】 在圖 5A 所繪示的實施例中，透鏡 510 可描述為至少部分地環繞光學堆疊 520 的邊緣。光學堆疊 520 的邊緣包括光學膜 522 的邊緣 551a 及額外層 530 的邊緣 551b。在所繪示的實施例中，透鏡 510 至少部分地環繞光學堆疊 520 之光學膜 522 部分的邊緣 551a，以與光學膜 522 齊平。例如，其他光學元件（諸如，稜鏡）可模製至光

學膜上，且可至少部分地環繞光學膜的邊緣，且可選地環繞成與光學膜齊平。

【0098】 在其他實施例中，透鏡也可至少部分地環繞額外層的邊緣。圖 6A 係包括設置在透鏡 610 之第一主表面 615 的第一部分 612 上的光學堆疊 620 之光學總成 600 的示意截視圖。透鏡 610 具有與第一主表面 615 相對的第二主表面 617。光學堆疊 620 包括多層光學膜 622 及設置在多層光學膜 622 上的額外層或膜 630。透鏡 610 至少部分地環繞光學堆疊 620 的一邊緣。在所繪示的實施例中，透鏡 610 環繞光學膜 622 的邊緣且至少部分地環繞額外膜 630 的邊緣。在一些實施例中，透鏡 610 至少部分地環繞額外膜 630 的邊緣，以與額外膜 630 齊平。例如，與第一部分 612 相對的額外膜 630 之最外主表面可與第一主表面 615 的第二部分 614 齊平。

【0099】 多層光學膜 622 包括設置在第一部分 612 上的第一主表面 627 且包括相對的第二主表面 629。在一些實施例中，透鏡完全環繞多層光學膜 622 的邊緣，且在平行於透鏡 610 之法線 653 的方向在透鏡 610 第一主表面 615 的中心延伸穿過多層光學膜 622 的第二主表面 629。

【0100】 在一些實施例中，額外膜 630 係保護膜（例如，硬塗層）且可作為隨後經至少部分固化之可固化組成物的塗層施加至多層光學膜 622。在一些實施例中，額外膜 630 係可釋離附接的襯墊，且保護塗層（例如，對應於層 430b）係包括在該多層光學膜 622 中之主表面

629 處。圖 6B 係光學總成 600b 的示意截面圖，該光學總成對應於光學總成 600，惟已移除額外層 630。

【0101】 在一些實施例中，透鏡具有於其中界定彎曲凹部的第一主表面，多層光學膜經黏附至該彎曲凹部且適形於該彎曲凹部。例如，圖 5A 至圖 5B 及圖 6A 至圖 6B 所繪示之實施例的任一者可描述為具有適形於由該第一主表面界定之彎曲凹部的的光學膜。如本文他處進一步所描述，例如，光學膜可藉由經由擴散接合來擴散接合至透鏡而黏附至彎曲凹部。替代地，例如，透鏡可被分開形成，且光學膜使用光學清透黏著劑結合至彎曲凹部。

【0102】 在一些實施例中，設置在光學元件上的光學膜朝向光學元件凸出。在一些實施例中，設置在光學元件上的光學膜朝向光學元件凹入。在一些實施例中，光學膜黏附至凸表面且適形於（例如，彎曲凹部的凸表面）。在一些實施例中，光學膜黏附至凹表面且適形於凹表面（例如，彎曲凹部的凹表面）。在一些實施例中，光學膜黏附至平坦表面且適形於平坦表面。

【0103】 圖 7A 至圖 7C 示意性繪示製造光學總成的方法。該方法包括提供具有第一彎曲模具表面 462（圖 7A）的第一模具 460，且經定形狀之光學膜或光學堆疊 720 置於第一彎曲模具表面 462 上（圖 7B 至圖 7C）。光學堆疊較佳地經定形狀（例如，經由熱成型）成與第一彎曲模具表面 462 的形狀實質匹配的所欲形狀。例如，膜或光學堆疊的熱成型可藉由加熱膜或光學堆疊、在拉伸光學堆疊的同時使光學堆疊與彎曲模具接觸而實行，如大致上由美國專利第 9,557,568 號

(Ouderkirk 等人) 及第 6,788,463 號 (Merrill 等人) 所描述者。接著，第二模具 470 設置成使得第二模具 470 的第二模具表面 472 與第一彎曲模具表面 462 間隔開且對齊。第二模具表面 472 可係彎曲的或如所繪示實質平坦。第一模具表面 462 及第二模具表面 472 界定在其間的模穴 480 (圖 7B)。接著，以有可流動材料 483 (圖 7C) 來填充或實質填充模穴 480，然後將其固化以形成接合至光學堆疊 720 的固體光學元件 (參見，例如，光學元件 110 光學總成 100)。可流動材料 483 可經由閘 481 引入至模穴 480 中。可移除第一模具 460 及第二模具 470，且移除任何多餘材料 (例如，來自閘 481 的流道材料)。實質填充模具腔可理解為意指填充模穴至大於 50 體積百分比。在一些實施例中，模穴經填充至至少 80 體積百分比、或至少 90 體積百分比、或至少 95 體積百分比。在一些實施例中，模穴 480 係完全以可流動材料 483 填充，除了由光學堆疊 720 所佔據的體積外。

【0104】 在一些實施例中，當可流動材料 483 流入穴 480 中時，可流動材料 483 具有大於光學堆疊 720 之玻璃轉移溫度的溫度。在一些實施例中，使第一模具 460 及第二模具 470 保持在低於可流動材料 483 之熔點以下的溫度，以固化可流動材料 483。在一些實施例中，當可流動材料 483 流入穴 480 中時，第一模具 460 及第二模具 470 的溫度也低於光學堆疊 720 的玻璃轉移溫度。例如，當可流動材料 483 被引入至穴 480 中時，該可流動材料可具有在 250 至 300°C 之範圍中的溫度，第一及第二模具可具有在 75 至 100°C 之範圍中的溫度，且光學堆疊 720 可具有在 105 至 130°C 之範圍中的玻璃轉移溫度。在一些實施例

中，光學堆疊 720 具有多個層，且當可流動材料 483 流入穴 480 中時，可流動材料 483 具有大於光學堆疊 720 之各層的玻璃轉移溫度的溫度。在一些實施例中，光學堆疊 720 具有多個層，且當可流動材料 483 流入穴 480 中時，可流動材料 483 具有大於光學堆疊 720 之至少一層的玻璃轉移溫度的溫度。在一些實施例中，光學堆疊 720 具有多個層，且當可流動材料 483 流入穴 480 中且與光學堆疊 720 接觸時，可流動材料 483 具有大於緊鄰可流動材料 483 之光學堆疊 720 的該層之玻璃轉移溫度的溫度。例如，此層可係包括在光學堆疊 720 中的一體成形之光學膜的表層。在一些實施例中，光學堆疊 720 包括多個層，該等層包括雙折射聚合層，且當可流動材料 483 流入穴 480 中時，可流動材料 483 具有大於雙折射聚合層之玻璃轉移溫度的溫度。

【0105】 在一些實施例中，所成形之光學元件的熔融溫度實質大於光學膜或光學堆疊的玻璃轉移溫度（玻璃轉移溫度可係上述玻璃轉移溫度的任一者）。除非不同地指明，實質較大的溫度係指比大於 10℃ 更大的溫度。在一些實施例中，光學元件的熔融溫度比光學膜的玻璃轉移溫度大至少約 50℃、或大至少約 80℃。在一些實施例中，光學元件的熔融溫度與光學膜的熔融溫度之間的差的絕對值小於約 50℃、或小於約 30℃、或小於約 20℃、或小於約 10℃。在一些實施例中，光學元件的熔融溫度與光學膜的熔融溫度約相同。除非不同地指明，溫度大約相同係指溫度相差小於 10℃。光學膜的熔融溫度可係針對於玻璃轉移溫度描述之該等層的任一者的熔融溫度。例如，當可流動材料

483 流入穴 480 中且接觸光學膜時，熔融溫度可係緊鄰可流動材料 483 之光學膜的層。

【0106】 在一些實施例中，光學堆疊 720 包括如本文它處描述的襯墊。在一些實施例中，襯墊具有大於約 50°C 或大於約 80°C 的一玻璃轉移溫度。

【0107】 各種膜或層的玻璃轉移溫度可藉由如測試標準 ASTM E1356-08(2014)「Standard Test Method for Assignment of the Glass Transition Temperatures by Differential Scanning Calorimetry」中所描述的微差掃描熱量法判定。

【0108】 在一些實施例中，第一模具 460 係經組態成置於模座中的第一模具嵌件。類似地，在一些實施例中，第二模具 470 係經組態成置於模座中的第二模具嵌件。

【0109】 第一彎曲模具表面 462 具有最佳擬合球面第一曲率半徑 R，在一些實施例中，該最佳擬合球面第一曲率半徑係在約 30 mm 至約 1000 mm 的範圍中。第一彎曲模具表面 462 具有垂度 S。在一些實施例中，垂度 S 對最佳擬合球面第一曲率半徑 R 的比率係在約 0.02 至約 0.4 的範圍中、或約 0.02 至約 0.3、或在約 0.02 至約 0.25 的範圍中、或在約 0.02 至約 0.2 的範圍中、或在約 0.02 至約 0.15 的範圍中、或在約 0.02 至約 0.12 的範圍中、或在約 0.03 至約 0.12 的範圍中、或在約 0.04 至約 0.12 的範圍中。在一些實施例中，光學堆疊 720，或包括在光學堆疊 720 中之保護塗層，具有在此等範圍中之任一者的垂度對半徑比。一表面的最佳擬合球面曲率半徑係球面之半徑，其最小化沿從

該球面至該表面之對該球面的法線的平方距離。該最佳擬合球面曲率半徑可係使用習知最小平方擬合技術來判定。經描述成具有最佳擬合球面曲率半徑之形狀可係，例如，球形、非球形、橢圓形、或可具有一些其他形狀。一光學透鏡之一主表面的任何形狀，例如，具有最佳擬合球面曲率半徑。第一模具表面 462 可具有一形狀，其特徵在於一透鏡基礎曲線（例如，6 基線至 10 基線之透鏡幾何形狀）。

【0110】 在一些實施例中，光學堆疊 720 包括一光學膜，該光學膜具有一保護塗層（例如，硬塗層），該保護塗層如本文他處進一步描述地面向第一模具 460。該保護塗層可具有與第一模具 460 相同之最佳擬合球面第一曲率半徑 R 及垂度 S 。保護塗層的垂度 S 可描述為自在保護塗層之中心處正切於該保護塗層之平面的最大位移。例如，圖 11 示意性地繪示保護塗層 1130 之形狀，該保護塗層具有最佳擬合球面第一曲率半徑 R 及最大位移 S ，該最大位移係自在保護塗層 1130 之中心 1167 處正切於保護塗層 1130 之平面 1166（其平行於 x - y 平面）。保護塗層 1130 一般係設置在光學膜的最外主表面處（未圖示於圖 11 之示意圖示中）。在一些實施例中，所得之光學總成之一光學軸通過保護塗層 1130 之中心 1167。

【0111】 在一些實施例中，保護塗層具有 30 mm 至 1000 mm、或 30 mm 至 300 mm、或 30 mm 至 100 mm、或 40 mm 至 85 mm、或 58 mm 至 76 mm、或 65 mm 至 68 mm、或 66 mm 至 67 mm 之最佳擬合球面曲率半徑。在一些實施例中，保護塗層具有 5 mm 至 50 mm、或 10 mm 至 25 mm、或 13 mm 至 20 mm、或 15 mm 至 20 mm、或 18

mm 至 19 mm 之自在保護塗層之中心處正切於該保護塗層之平面的最大位移（垂度 S）。在一些實施例中，最大位移（垂度 S）對最佳擬合球面曲率半徑 R 的比率係在 0.02 至 0.4 範圍中、或係在針對第一彎曲模具表面 462 所描述之範圍之任一者中。

【0112】 圖 7D 係設置在第一模具 460 之第一彎曲模具表面 462 上的交替光學堆疊 720d 的示意截面圖。在此情形中，光學堆疊 720d 不延伸至第一彎曲模具表面 462 的邊緣。例如，將透鏡插入模製至光學堆疊 720d 而產生的光學總成可如針對光學總成 600 所述者。

【0113】 圖 7E 係設置在第一模具 460 之第一彎曲模具表面 462 上的交替光學堆疊 720e 的示意截面圖。在此情形中，光學堆疊 720e 包括不延伸至第一彎曲模具表面 462 之邊緣的光學膜 722e 及額外層 730e（例如，可釋離地附接至光學膜 722e 的襯墊）。例如，將透鏡插入模製至光學堆疊 720e 而產生的光學總成可如針對光學總成 500 所述者。光學膜 722e 可包括複數個交替的聚合層，且可包括一保護塗層，如本文他處進一步描述，該保護塗層係設置於該複數個交替的聚合層與額外層 730e 之間。

【0114】 可使用插入模製至光學膜上的第一光學元件作為用於第二插入模製之嵌件而重覆插入模製程序，該第二插入模製程序形成第二光學元件在與第一光學元件相對的光學膜上。

【0115】 圖 8A 係光學總成 800 的示意截面圖，該光學總成包括：光學堆疊或光學膜 820；第一光學元件 810a，其可直接插入模製至光學膜 820 上；及第二光學元件 810b，其設置在光學膜 820 上而與第一

光學元件 810a 相對。第二光學元件 810b 可直接射出插入模製至與第一光學元件 810a 相對的光學膜 820 上。在一些實施例中，第一光學元件 810a 及第二光學元件 810b 係第一透鏡及第二透鏡。在一些實施例中，第一透鏡及第二透鏡之各者的各位置具有不多於約 10 nm 的光學延遲。

【0116】 在一些實施例中，具有第二光學元件 810b 之形狀的透鏡經模製至光學膜 820 上，而無需包括第一光學元件 810a。圖 8B 係包括光學膜 820 及光學元件 810b 之光學總成 800b 的示意截面圖，該光學元件可直接射出插入模製至光學膜 820 上。

【0117】 圖 8C 繪示另一實施例，該圖係包括光學堆疊或光學膜 820c 及插入模製至光學堆疊或光學膜 820c 上之光學元件 810c 的光學總成 800c 的示意截面圖。在此情形中，光學堆疊或光學膜 820c 設置在光學元件 810c 之實質平坦表面上。

【0118】 在光學元件（例如，透鏡）上的位置的光學延遲係穿過該位置且具有通過光學元件的最短路徑之透射通過該光學元件的光的相位延遲。例如，圖 9 示意地繪示在位置 987 入射在光學元件 910 上且透射通過光學元件 910 的二道光線 988 及 989。光學延遲係相對於光線 989 指定的，因為此對穿過位置 987 的光線具有通過光學元件 910 的最短路徑。當光學元件 910 的相對主表面大致平行時，大致法向入射光具有通過光學元件的最短路徑。當相對主表面不平行時，最短路徑可針對非法向入射光。相位延遲係通過該位置的二個正交偏振光線之相位上的最大差。除非不同地指示，入射光線的波長約 550 nm。光

學元件的光學延遲可特徵在於光學元件之主表面上的位置。在一些實施例中，光學元件（諸如，透鏡）具有低光學延遲。在一些實施例中，在光學元件之主表面（以表面面積計）的至少 80%，或至少 90% 上的各位置處的光學延遲不多於約 10 nm。在一些實施例中，在光學元件上之各位置的光學延遲不多於約 10 nm，或不多於約 7 nm。在一些實施例中，光學元件係在透鏡的中心具有不多於 5 nm 之光學延遲的透鏡。

【0119】 在一些實施例中，即使透鏡具有實質厚度變化，光學延遲仍低（例如，在上述範圍的任一者中）。例如，在一些實施例中，透鏡在透鏡之主表面的至少 80% 上的各位置具有不多於約 10 nm 的光學延遲，且具有比在第二透鏡位置的透鏡厚度大至少約 20%、或大至少約 30%、或大至少約 40%、或大至少約 50%、或大至少約 75%、或大至少約 100%、或大至少約 150%、或大至少約 200% 之在第一透鏡位置的透鏡厚度。

【0120】 可藉由在製造光學元件時使用低延遲材料作為可流動材料 483 及/或藉由在以可流動材料 483 填充模穴 480 之後以升高溫度使可流動材料 483 維持至長至足以使雙折射實質鬆弛而使光學元件的光學延遲變低（例如，小於 10 nm）。可用為可流動材料 483 的合適材料包括聚甲基丙烯酸甲酯(PMMA)、聚碳酸酯、聚苯乙烯、環烯烴、及聚對苯二甲酸乙二醇酯(PET)。提供低雙折射的合適 PMMA 係，例如，可購自 Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc. 的 Optimas 7500。已發現，當透鏡或光學元件具有高於光學膜的玻璃轉移溫度、但小於

光學膜之熔融溫度的熔點時，即使允許光學元件鬆弛至低雙折射，具有複數個交替聚合層的光學膜仍可對至少一個偏振狀態提供高反射率。

【0121】 即使允許雙折射鬆弛至較低值，仍會有殘餘雙折射及光學延遲，雖然光學延遲會較低（例如，不多於 10 nm）。在一些實施例中，光學延遲通過光學元件呈現一些空間變化而仍保持不多於約 10 nm。在一些實施例中，可係透鏡之光學元件在較接近光學元件之邊緣的至少一個位置的光學延遲大於該光學元件在較接近光學元件之中心的至少一個位置的光學延遲。

【0122】 圖 10 係透鏡 1010 的示意俯視平面圖，該透鏡具有沿著第一方向（平行於 x 方向）的最大側向尺寸 D1，且具有沿著正交的第二方向（平行於 y 方向）的最大側向尺寸 D2。D1 可大於、小於、或約相同於 D2。在一些實施例中，透鏡 1010 具有沿著第一方向的最大側向尺寸 D1 變化較多、沿著正交之第二方向的最大側向尺寸 D2 變化較少、且在透鏡 1010 上的各位置不多於約 10 nm 的光學延遲。在一些情形中，光學延遲上的變化係由於用於製造具有在接近閘較高且在它處較低的光學延遲之透鏡 1010 的射出插入模製程序所導致。例如，第一邊緣位置 1094 可係靠近閘的邊緣位置，且可具有比中心位置 1095 更高的光學延遲。在一些實施例中，第一邊緣位置 1094 具有比在中心位置 1095 更高且比第二邊緣位置 1096 更高的光學延遲。在一些實施例中，第三邊緣位置 1097 及第四邊緣位置 1098 具有在中心位置 1095 之光學延遲的 R1 內的光學延遲，且第一邊緣位置 1094 具有大於 R2 加中心位置 1095 之光學延遲的光學延遲，其中 $R2 > R1$ 。例如，R2 可係

2.5 nm，R1 可係 1.5 nm，在中心位置 1095 的光學延遲可係 4 nm，在第二邊緣位置 1096、第三邊緣位置 1097、及第四邊緣位置 1098 之各處的光學延遲可各約為 5 nm，且在第一邊緣位置 1094 的光學延遲可約為 7 nm。在一些實施例中，最高光學延遲發生在第一邊緣位置 1094（靠近閘），且最低光學延遲發生在中心位置 1095。

【0123】 邊緣及中心位置分別指較接近透鏡 1010 之邊緣或中心的位置。透鏡 1010 的中心可指平面圖中第一及第二方向交叉的中心。在一些實施例中，中心位置在透鏡 10 之中心的 D1 及 D2 之較小者的 10%內，且邊緣位置在透鏡 10 之邊緣的 D1 及 D2 之較小者的 10%內。

【0124】 在一些實施例中，透鏡 1010 經模製至光學膜或包括光學膜的光學堆疊上，其中該光學膜係反射偏振器，該反射偏振器上的各位置實質反射具有預定波長及阻光偏振狀態的法向入射光且實質透射具有預定波長及正交透光偏振狀態的法向入射光。在一些實施例中，第一方向實質平行於在反射偏振器之中心的阻光偏振狀態。在一些實施例中，第一方向實質平行於在反射偏振器之中心的透光偏振狀態。在一些實施例中，第一方向與在反射偏振器之中心的阻光偏振狀態成一斜角。例如，在反射偏振器之中心的反射偏振器的阻光軸可沿著與沿著 D1 之第一方向成角度 α 的軸 1099。在一些實施例中，角度 α 小於 10 度。

【0125】 諸如「約(about)」或「實質/實質上(substantially)」的用語會在本說明書中使用及描述彼等的內容脈絡中由所屬技術領域中具有通常知識所理解。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。

實例

實例中所使用之材料

名稱	描述
DESN100	DESMODUR N100 基於縮二脲之六亞甲基二異氰酸酯寡聚物，100%固態，22.0 wt.% NCO，191 g/eq.，獲自 Covestro LLC, Pittsburgh, Pennsylvania
HEA	丙烯酸 2-羥乙酯，獲自 Alfa Aesar, Tewksbury, Massachusetts
PETA	新戊四醇三丙烯酸酯，以 SR444C 獲自 Sartomer Co., Exton, Pennsylvania
HDDA	1,6-己二醇二丙烯酸酯，以 SR238B 獲自 Sartomer Co.
MEK	甲基乙基酮
MP	1-甲氧基-2-丙醇
APFT 膜	一種反射偏振器多層光學膜，如 PCT 申請案第 PCT/IB2018/051186 號之實例 3 中所述，該案係於 2018 年 2 月 26 日申請且名稱為「High Contrast Optical Film and Devices Including the Same」
ESACURE ONE	光起始劑，獲自 Lamberti USA, Conshohocken, Pennsylvania
SR611	烷氧基化四氫糠丙烯酸酯單體，來自 Sartomer Co.
4-羥基 TEMPO	4-羥基-2,2,6,6-四甲基哌啶 1-氧基，可購自 Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri
MEHQ	4-甲氧基酚，可購自 Sigma-Aldrich
TEG2100	TEGORAD 2100 聚矽氧丙烯酸酯，獲自 Evonik Industries, Essen, Germany
DBTDL	二月桂酸二丁基錫，可購自 Sigma-Aldrich
CN9039	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Sartomer Co.
EB 8301R	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Allnex, Alpharetta, Georgia
CN9010	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Sartomer Co.
CN968	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Sartomer Co.
GEN 4690	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Rahn USA Corp., Aurora, Illinois
EB 1290	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Allnex
CN9006	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Sartomer Co.
CN9025	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Sartomer Co.
EB 4858	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Allnex
EB 8604	脂族胺甲酸酯丙烯酸酯寡聚物，來自 Allnex
BYK-W 9012	具有酸性基團之共聚物，用於改善潤濕及分散性質，來自 BYK USA, Wallingford, Connecticut
α 氧化鋁奈米粉末	超純 α -氧化鋁(Al_2O_3)奈米粉末，以 26N-0811UPA 來自 Inframat, Manchester, Connecticut

製備實例，聚胺甲酸酯丙烯酸酯 PUA9

DESN100-0.5 PETA-0.5 HEA

【0126】 將配備有磁性攪拌棒之 250-mL 罐裝入 39.76 g (0.2082 eq.)之 DESN100、25 g 之 MEK、12.33 g (0.1062 eq.)之 HEA、47.91 g (0.1062 eq.)之 PETA，每 eq.的 NCO 總共 1.01 eq. OH、0.025 g (250 ppm) BHT、0.005 g (50 ppm)之 4-羥基 TEMPO、及 0.05 g (500 ppm) 之 DBTDL。將該罐置於室溫水浴中並攪拌達 10 min.。10 min.後，將其放入 55°C 浴中達 4 hr.。在該時間結束時，藉由傅立葉轉換紅外線光譜儀(Fourier Transform Infrared Spectroscopy, FTIR)監測反應混合物，且發現其在 2265 cm^{-1} 處不具有 NCO 峰。所得之材料係 80 wt. %之固體。

聚胺甲酸酯丙烯酸酯製備實例 PUA1 至 PUA8 及 PUA10 至 PUA19

【0127】 PUA1 至 PUA8 及 PUA10 至 PUA19 係藉由將表 1 中所記述之製備反應來以與如上文所述之 PUA9 相同的方式來製備。反應係使用經適當地定大小的罐來進行。除非另有說明，否則用於表 1 中所述之製備之材料的量係以克(g)來記述，進一步包括相關於固體之 250 ppm 的 BHT、50 ppm 的 TEMPO、及 500 ppm 的 DBTDL。所得產物係 80 wt%固體 MEK。

表 1：PUAs 之製備

胺甲酸 酯丙烯 酸酯	DES- N100, eq	HEA, eq	PETA, eq	DES- N100 , 克	HEA , 克	PETA , 克	MEK , 克	平均 官能 性	分子 量 , g/ 莫耳	丙烯酸 酯當量 g/eq
PUA1	1.00	0.0	1.0	29.32	0	70.68	25.0	10.8	2312	214
PUA2	1.00	0.05	0.95	87.63	51.66	10.71	37.5	10.4	2252	216
PUA3	1.00	0.10	0.90	83.20	46.46	20.34	37.5	10.1	2191	217
PUA4	1.00	0.15	0.85	79.19	41.77	29.04	37.5	9.7	2131	219
PUA5	1.00	0.20	0.80	75.55	37.50	36.95	37.5	9.4	2071	221
PUA6	1.00	0.25	0.75	33.75	5.23	61.01	25.0	9.0	2010	223
PUA7	1.00	0.33	0.67	213.18	44.09	342.73	150.0	8.4	1914	227
PUA8	1.00	0.42	0.58	225.12	58.20	316.68	150.0	7.8	1805	232
PUA9	1.00	0.50	0.50	39.76	12.33	47.91	25.0	7.2	1709	237
PUA10	1.00	0.55	0.45	247.27	84.39	268.34	150.0	6.8	1648	241
PUA11	1.00	0.58	0.42	253.50	91.76	254.73	150.0	6.6	1612	243
PUA12	1.00	0.60	0.40	256.75	95.59	247.67	150.0	6.5	1588	245
PUA13	1.00	0.67	0.33	270.57	111.93	217.50	150.0	6.0	1503	252
PUA14	1.00	0.75	0.25	48.37	22.50	29.14	25.0	5.4	1407	261
PUA15	1.00	0.80	0.20	48.70	6.04	95.26	37.5	5.0	1347	267
PUA16	1.00	0.85	0.15	47.30	4.40	98.30	37.5	4.7	1286	275
PUA17	1.00	0.90	0.10	45.97	2.85	101.17	37.5	4.3	1226	284
PUA18	1.00	0.95	0.05	44.42	1.38	104.21	37.5	4.0	1166	294
PUA19	1.00	1.00	0.00	61.96	38.04	0	25.0	3.6	1105	307

【0128】聚胺甲酸酯丙烯酸酯類(PUAs)之平均 ((甲基)丙烯酸酯)官能性係以下列方式計算。首先計算各化合物所添加的丙烯酸酯之官能性。舉例來說，上述之 PUA6 係指定為 1.0 DESN100 + 0.25 HEA + 0.75 PETA。此意謂著該化合物係 1 當量的異氰酸酯基 (如 DESN100) 及 0.25 羟基當量的丙烯酸羟乙酯及 0.75 羟基當量的 PETA 的反應產物。HEA 具有每羟基 1 個丙烯酸酯基，且 PETA 具有每羟基 3 個丙烯酸酯基。然後此化合物所添加的丙烯酸酯之官能性係(0.25·1) + (0.75·3)或 2.5。平均(甲基)丙烯酸酯官能性係藉由將各化合物所添加的丙烯酸酯之官能性乘以聚異氰酸酯的平均官能性而得出。根據供應商 Covestro 表示，DESN100 的平均官能性係 3.6，因此該化合物的平均(甲基)丙烯

酸酯官能性係 2.5·3.6 或 9。平均((甲基)丙烯酸酯)官能性的總結係報告於表 1（上表）中。

【0129】 以克/莫耳表示之 PUA 分子量係以下列方式計算，以 PUA6 說明。DESN100 之平均官能性係 3.6。將此乘上以下：DESN100 之當量分率（即 1.0）乘以 3.6（即 DESN100 之平均官能性）乘以 DESN100 之當量(EW)（即 190.9 g/eq）。此係 DESN100 對分子量之貢獻。我們乘上以下：HEA 之當量分率（即 0.25）乘以 3.6（即 DESN100 之平均官能性）乘以 HEA 之 EW（即 116.12 g/eq）。此係 HEA 對分子量之貢獻。我們乘上以下：PETA 之當量分率（即 0.75）乘以 3.6（即 DESN100 之平均官能性）乘以 PETA 之 EW（即 451.3 g/eq）。此係 PETA 對分子量之貢獻。DESN100、HEA、及 PETA 之貢獻總和係其分子量。總體計算係： $1.0 \cdot 3.6 \cdot 190.9 + 0.25 \cdot 3.6 \cdot 116.12 + 0.75 \cdot 3.6 \cdot 451.3 = 2010$ g/莫耳。這些計算總結報告於下表 A 中，如下。

表 A

胺甲酸酯 丙烯酸酯	DESN100 當量	DESN100 當量，g/eq	官能性	HEA 當量	HEA 當 量，g/eq	PETA 當量	PETA 當量，g	分子量， g/莫耳
PUA1	1.00	190.9	3.6	0.0	116.12	1.0	451.3	2312
PUA2	1.00	190.9	3.6	0.05	116.12	0.95	451.3	2252
PUA3	1.00	190.9	3.6	0.10	116.12	0.90	451.3	2191
PUA4	1.00	190.9	3.6	0.15	116.12	0.85	451.3	2131
PUA5	1.00	190.9	3.6	0.20	116.12	0.80	451.3	2071
PUA6	1.00	190.9	3.6	0.25	116.12	0.75	451.3	2010
PUA7	1.00	190.9	3.6	0.33	116.12	0.67	451.3	1914
PUA8	1.00	190.9	3.6	0.42	116.12	0.58	451.3	1805
PUA9	1.00	190.9	3.6	0.50	116.12	0.50	451.3	1709
PUA10	1.00	190.9	3.6	0.55	116.12	0.45	451.3	1648
PUA11	1.00	190.9	3.6	0.58	116.12	0.42	451.3	1612
PUA12	1.00	190.9	3.6	0.60	116.12	0.40	451.3	1588
PUA13	1.00	190.9	3.6	0.67	116.12	0.33	451.3	1503
PUA14	1.00	190.9	3.6	0.75	116.12	0.25	451.3	1407
PUA15	1.00	190.9	3.6	0.80	116.12	0.20	451.3	1347
PUA16	1.00	190.9	3.6	0.85	116.12	0.15	451.3	1286
PUA17	1.00	190.9	3.6	0.90	116.12	0.10	451.3	1226
PUA18	1.00	190.9	3.6	0.95	116.12	0.05	451.3	1166
PUA19	1.00	190.9	3.6	1.00	116.12	0.00	451.3	1105

【0130】 以 g/當量表示的 PUA 之丙烯酸酯 EW 係藉由將聚胺甲酸酯之分子量除以平均((甲基)丙烯酸酯)官能性而計算得出。以 PUA6 說明，即係 $2010/9=223.33$ g/eq 或 223 g/eq。

製備實例 1 至 18 (PE1 至 PE18) 及比較例 1 至 11 (CE1 至 CE11)

【0131】 各別聚胺甲酸酯丙烯酸酯 PUA1 至 PUA19 之塗層溶液以及數個市售胺甲酸酯丙烯酸酯類 (諸如 CN9039) 係藉由將如表 2 中所記述之組分混合來製備，以製備用於製造預備膜(preparatory film)實例之塗層溶液。接著，為了製備各製備實例或比較例，將表 2 中所指示的塗層溶液組成物以 32 重量百分比的固體塗佈至 APFT 膜上。該塗層係使用 7 號線繞棒 (可購自 RD Specialties, Webster, New York) 來完成。將該塗層在 90°C 下乾燥達 1.5 min。然後使用配備有 H 型燈

泡之紫外線(UV)處理器 (500 W，可購自 Heraeus Noblelight America/Fusion UV Systems, Gaithersburg, Maryland) 在氮氣下以 50 呎/分鐘(15.2 m/min)以 100%功率固化乾燥之該塗層。固化塗層具有約 3.4 微米之估計厚度。所得之膜經指定為 PE1 至 PE18，而比較膜經指定為 CE1 至 CE11，取決於其等是否通過下文所述之熱成型破裂測試，如表 3 所示。

表 2：胺甲酸酯丙烯酸酯之塗層配方

製備實例 PE1 至 PE15 及 比較例 CE1 至 CE4	裝入量， g	固體， g	溶劑， g	重量百分 比固體	塗佈溶液之 重量百分比
胺甲酸酯丙烯酸酯	9.33	7.464	1.866	93.3	37.32
HDDA	0.16	0.16		2.00	0.64
SR611	0.16	0.16		2.00	0.64
TEG2100	0.056	0.056		0.70	0.22
ESACURE ONE	0.16	0.16		2.00	0.64
MP	15.134		15.134	0.00	60.54
製備實例 PE16 至 PE18 及 比較例 CE5 至 CE11					
胺甲酸酯丙烯酸酯	7.464	7.464		93.3	29.86
HDDA	0.16	0.16		2.00	0.64
SR611	0.16	0.16		2.00	0.64
TEG2100	0.056	0.056		0.7	0.22
ESACURE ONE	0.16	0.16		2.00	0.64
MP	17		17		68.00

6 基線及 8 基線透鏡之膜熱成型及模製

【0132】 耐磨多層光學膜係使用 AccuForm 熱成型系統而形成，該系統可購自 Hy-Tech Forming Systems (USA), Inc。該系統使用熱及高壓以形成所使用之工具幾何形狀。使用一母模具，其具有 6 基線透鏡幾何形狀（對應於 89.15 mm 之球面曲率半徑及 11.68 mm 之最大深度）或具有 8 基線透鏡幾何形狀（對應於 66.25 mm 之球面曲率半徑及

18.5 mm 之最大深度）。將保護膜襯墊(OCPET NSA33T, Sun A Kaken Co, Ltd)設置在膜的各主表面上。將膜箔夾在 AccuForm 系統中，其中膜之經塗佈側面向該母模具之彎曲模具表面，加熱至 350°F(177°C)，並將經加壓空氣施加至膜頂部以迫使其成該透鏡工具幾何形狀。將膜冷卻並將所形成之膜從系統移除。

【0133】 對所形成之膜目視檢查膜硬塗層中的破裂。所使用的方法是在任何破裂點記錄半徑的百分比，因此如果有延伸自透鏡中心達 50%之半徑的破裂，則將結果記錄為破裂程度係 50%。

【0134】 將所形成之膜修整至最終模製透鏡大小，移除相對於該膜之經塗佈側的襯墊，並使用射出成型程序以在最終透鏡幾何形狀（6 基線及 8 基線）之一側（其相對於剩餘襯墊）上插入模製該膜。在將透鏡模製至膜上後，移除剩餘襯墊。

【0135】 該射出成型係藉由來自 KraussMaffei Technologies GmbH 之 65 噸壓執行，且所使用之膜製樹脂係 Mitsubishi Gas Chemical Company Optimas 7500 (PMMA)樹脂。結果報告於下表 3。

表 3：熱成型結果

	源（胺甲酸酯丙 烯酸酯）	熱成型結果，破裂程 度 6 基線透鏡形式	熱成型結果，破裂程度 8 基線透鏡形式
CE1	PUA1	20%	95%
CE2	PUA2	30%	90%
CE3	PUA3	25%	85%
CE4	PUA4	5%	80%
PE1	PUA5	0%	75%
PE2	PUA6	0%	75%
PE3	PUA7	0%	75%
PE4	PUA8	0%	75%
PE5	PUA9	0%	75%

PE6	PUA10	0%	60%
PE7	PUA11	0%	15%
PE8	PUA12	0%	20%
PE9	PUA13	0%	5%
PE10	PUA14	0%	10%
PE11	PUA15	0%	5%
PE12	PUA16	0%	0%
PE13	PUA17	0%	0%
PE14	PUA18	0%	0%
PE15	PUA19	0%	0%
CE5	CN9039	100%	100%
CE6	EB 8301R	100%	100%
CE7	CN9010	85%	100%
CE8	CN968	100%	100%
CE9	GEN 4690	100%	100%
CE10	EB 1290	60%	100%
CE11	CN9006	100%	100%
PE16	CN9025	0%	60%
PE17	EB 4858	0%	0%
PE18	EB 8604	0%	0%
PE19	未經塗佈之 APFT 膜	0%	0%

磨損測試

【0136】 透鏡樣本的磨損係使用 Taber 型號 5750 的線性磨擦試驗機(Taber Industries, North Tonawanda, New York)來測試。以 40 次循環/分鐘振盪筒夾。用於此測試之磨擦材料係一抹擦插件(eraser insert) (獲自 Summers Optical, 其為 EMS Acquisition Corp., Hatfield, Pennsylvania 之部門)。該抹擦插件具有 6.5 mm 之直徑，並滿足軍用標準 Mil-E-12397B 之要求。

【0137】 在測試的持續時間期間藉由筒夾將抹擦插件固持就位。對於各實例，以 1.1 kg 重之總重量及 20 循環測試單一樣本。該線性磨擦試驗機具有線性往復運動之一水平臂。將一滾珠軸承栓槽軸附接至臂之端部，該滾珠軸承栓槽軸產生一自由浮動系統，該自由浮動系統

允許垂直運動，使得在水平之來回行程期間，該筒夾可升高或降低以依循透鏡輪廓。針對磨擦暴露，將透鏡樣本安裝於一水平夾具中，使得磨擦工具可以對應於每分鐘 40 次磨擦循環之速率的速度、51 mm 的總行進距離跨透鏡樣本移動。在磨擦之後，樣本藉由以透鏡清潔巾 (Radnor Products, Radnor, Pennsylvania) 擦拭來清除殘留物。在透鏡樣本上之磨擦循環的效果係藉由在線性磨擦之前與之後測量各樣本之霧度百分比來判定。霧度百分比係使用 BYK Haze-Gard Plus 霧度計 (BYK Gardner, Columbia, Maryland) 來測量。透鏡以光撞擊透鏡的凹側之方式定位。透過一可撓性 5 mm × 25 mm 矩形孔隙來進行後磨擦霧度測量，以將測量限制至各透鏡給定磨擦暴露之區域。各樣本之 Δ 霧度值係藉由將樣本之未測試區域的霧度減去來計算。表 4 顯示模製之耐磨 6 基線透鏡樣本 1 至 18 (EX1 至 EX18) (對應於所選定之抗破裂預備實例熱成型膜 PE1 至 PE18) 及比較例 12 (CE12) (對應於 PE19)。

表 4：模製 6 基線透鏡之耐磨性

	源熱成型	初始（未摩擦）%霧度	後摩擦%霧度	Δ 霧度
EX1	PE1	0.42	5.55	5.1
EX2	PE2	1.1	6.48	5.4
EX3	PE3	0.93	8.78	7.9
EX4	PE4	0.84	7.12	6.3
EX5	PE5	0.51	8.7	8.2
EX6	PE6	1.04	9.76	8.7
EX7	PE7	0.96	8.11	7.2
EX8	PE8	0.97	10.8	9.8
EX9	PE9	0.75	11.3	10.6
EX10	PE10	0.97	12.9	11.9
EX11	PE11	0.47	13.1	12.6
EX12	PE12	0.41	13.5	13.1

EX13	PE13	0.47	15.7	15.2
EX14	PE14	0.5	12.6	12.1
EX15	PE15	0.42	18.6	18.2
EX16	PE16	0.47	19.7	19.2
EX17	PE17	0.47	31	30.5
EX18	PE18	0.45	22.8	22.4
CE12	PE19	0.38	52.5	52.1

【0138】 同樣地，表 5 顯示模製之耐磨 8 基線透鏡樣本 19 至 24 (EX19 至 EX24) (對應於所選定之抗破裂預備實例熱成型膜 PE12 至 PE18) 及比較例 13 (CE13) (對應於 PE19)。

表 5：模製 8 基線透鏡之耐磨性

	源熱成型	初始（未摩擦）%霧度	後摩擦%霧度	Δ 霧度
EX19	PE12	0.74	17.2	16.5
EX20	PE13	0.72	16.3	15.6
EX21	PE14	0.83	23.5	22.7
EX22	PE15	0.77	21	20.2
EX23	PE17	0.85	38.9	38.1
EX24	PE18	0.96	29	28.0
CE13	PE19	0.54	51	50.5

含有氧化鋁奈米粒子之實例透鏡的製備

A 氧化鋁奈米粒子(NANOPARTICLES, NP)之製備

【0139】 α 氧化鋁奈米粒子分散體係透過介質研磨程序來製作。使用 Dispermat CN-10 實驗室高剪力分散器(BYK-Gardner USA, Columbia, Maryland)來將甲基乙基酮(MEK) (185 克)、180 克之 BYK-W 9012 分散添加物(BYK USA, Wallingford, Connecticut)、及 181 克之超純 α -氧化鋁 NP (Inframat, 26N-0811UPA)混合在一起。將混合分散體在 MiniCer 實驗室介質研磨機(Netzsch, Exton,

Pennsylvania)中以 0.2 mm 之經氧化釔安定之氧化鋯研磨介質研磨達 8 小時。固體含量係 54.6 重量百分比。將 α 氧化鋁 NP 分散體以 MEK 稀釋，以在藉由雷射繞射進行之粒徑分析之前給出所欲之透射率，該分析係在 Horiba LA-950 分析儀（可購自 Horiba, Kyoto, Japan）上執行。中位數及平均粒徑皆係 67 nm。Dv90 意指累積 90%之直徑點，在此情況下係 80 nm。

配方 A 之製備

【0140】 配方 A 係藉由添加 0.64 g 之光起始劑 ESACURE ONE 及 0.32 g 之 TEG2100 至 34.80 g 之 PUA9（於 MEK 中 80 重量百分比），接著以 48 g 之乙醇及 6.0 g 之 1-甲氧基-2-丙醇稀釋。所得之配方 A 具有 32.1 重量百分比固體。

【0141】 配方 A 係用以製作表 6 中的塗層配方。在表 6 中，SR611 係於乙醇中稀釋至 32 重量百分比固體。表 6 中之配方係藉由在室溫下混合所指示之分量所製成。使用#12 線繞棒（可購自 RD Specialties，標稱濕膜厚度 1.08 密耳（27.4 微米））將該等配方手動塗佈在 APFT 膜上。先使經塗佈之 PC 膜在室溫下乾燥，然後在 80°C 下於烘箱中乾燥 1 min。使用配備有 H 型燈泡之 UV 處理器（500 W, Heraeus Noblelight America/Fusion UV Systems, Gaithersburg, Maryland）在氮氣以 50 呎/min (15.2 m/min)吹掃下以 100%的功率固化經乾燥之該等樣本。

表 6

配方	配方 A, g	SR611, 32 重量百分比溶液 g	α 氧化鋁奈米粒子, 於 MEK 中之分散體 g	氧化鋁固體/總固體, %	乙醇, g	總固體, Wt. %
PE20	4.50	0.25	0.000	0.0	0.0	32.1
PE21	4.50	0.25	0.072	2.5	0.05	32.1
PE22	4.50	0.25	0.150	5.0	0.10	32.1

配方 B 之製備

【0142】 配方 B 係藉由添加 0.64 g 之光起始劑 ESACURE ONE 及 0.32 g 之 TEG2100 至 34.80 g 之 PUA15（於 MEK 中 80 重量百分比），接著以 48 g 之乙醇及 6.0 g 之 1-甲氧基-2-丙醇稀釋。所得之配方 B 具有 32.1 重量百分比固體。

【0143】 配方 B 係用以製作表 7 中的塗層配方。在表 7 中，SR611 於乙醇中稀釋至 32 重量百分比固體。表 7 中之配方係藉由在室溫下混合所指示之分量所製成。使用#12 線繞棒（可購自 RD Specialties，標稱濕膜厚度 1.08 密耳（27.4 微米））將該等配方手動塗佈在 APFT 膜上。先使經塗佈之 PC 膜在室溫下乾燥，然後在 80℃ 下於烘箱中乾燥 1 min。使用配備有 H 型燈泡之 UV 處理器（500 W, Heraeus Noblelight America/Fusion UV Systems, Gaithersburg, Maryland）在氮氣以 50 呎/min (15.2 m/min)吹掃下以 100%的功率固化經乾燥之該等樣本。

表 7

配方	配方 B, g	SR611, 32 重量百分比溶液 g	α 氧化鋁奈米粒子, 於 MEK 中之分散體 g	氧化鋁固體/總固體, %	乙醇, g	總固體, Wt. %
PE23	4.50	0.25	0.000	0.0	0.0	32.1
PE24	4.50	0.25	0.072	2.5	0.05	32.1

PE25	4.50	0.25	0.150	5.0	0.10	32.1
------	------	------	-------	-----	------	------

【0144】 下表 8 提供對應於實例 EX25 至 EX30 之預備實例 PE20 至 PE25 的熱成型及破裂測試結果。

表 8：熱成型結果

經塗佈之膜	配方	熱成型結果，破裂程度 6 基線透鏡形式	熱成型結果，破裂程度 8 基線透鏡形式
EX25	PE20	0%	60%
EX26	PE21	0%	60%
EX27	PE22	0%	50%
EX28	PE23	0%	35%
EX29	PE24	0%	35%
EX30	PE25	0%	30%

【0145】 以下在表 9 中提供使用實例 EX25 至 EX30 之膜的模製 6 基線透鏡耐磨性測試結果。

表 9：模製 6 基線透鏡之耐磨性

模製 6 基線透鏡	經塗佈之膜	初始（未摩 擦）%霧度	後摩擦%霧度	Δ 霧度
EX25L6B	EX25	0.66	8.29	7.63
EX26L6B	EX26	0.66	5.94	5.28
EX27 L6B	EX27	1.31	7.12	5.81
EX28 L6B	EX28	0.68	13.00	12.32
EX29 L6B	EX29	0.75	11.90	11.15
EX30 L6B	EX30	1.20	12.30	11.10

透射率測試

【0146】 使用 Lambda 1050 分光光度計（可購自 PerkinElmer, Waltham, MA），以法向入射測量依據波長而變動的經選擇樣本的阻斷狀態透射。阻斷狀態係藉由在 550 nm 波長下導致最小透射率的預偏

振器之定向來判定。判定在 450 nm 至 650 nm 之波長範圍內之平均（未加權平均）阻斷狀態透射率。針對實例 12 之光學總成、在透鏡頂點處對於法向於透鏡之入射光、及實例 12 中使用之相同的 PE12 片材的一部分，測量阻斷狀態之透射率。PE12 片材之平均透射率係 0.087 百分比，而實例 12 之平均透射率係 0.043 百分比。針對實例 19 之光學總成、在透鏡頂點處對於法向於透鏡之入射光、及實例 19 中使用之相同的 PE12 片材的一部分，測量阻斷狀態之透射率。PE12 片材之平均透射率係 0.087 百分比，而實例 19 之平均透射率係 0.040 百分比。

【0147】 阻斷狀態中的反射率可估計為在忽略吸收的情況下以 100%減去透射率。對於測試樣本之各者，此給予在 450 nm 至 650 nm 之波長範圍中大於 99.9 百分比的平均反射率。

接合測試 1

【0148】 多層光學膜反射偏振器（高級偏振膜(Advanced Polarizing film, APF)，可購自 3M Company, St. Paul, Mn）經熱成型成 8 基線透鏡形狀，如大致上在美國專利第 9,557,568 號（Ouderkirk 等人）中所描述者。

【0149】 光學膜插入模製係在使用 8 基線透鏡空白射出模製工具的 Krauss Maffei 65 噸射出模製機上完成。該熱成型光學膜經修整至正確尺寸以適應射出模製工具，且於之後置於模製工具的凸側上。接著，射出模製程序使用以 276°C 的溫度射出至在 99°C 的模製工具腔中的 PMMA 模製材料(Optimas 7500, Mitsubishi Gas Chemical Company,

Inc)實施。所得光學總成在 66 秒的總射出模製循環時間之後從射出模製機移除。在熱成型及模製程序之前及之後目視檢驗該膜，展現沒有明顯反射率變化。

【0150】 使用劃格膠帶拉力測試來測試膜對透鏡的結合強度。此係藉由以劃格圖案從頭到尾對透鏡表面上的插入模製膜評分、使膠帶黏附在評分劃格膜表面上方、且將膠帶離表面而完成。經發現，多層光學膜分離成以膠帶移除的光學膜之一部分及殘留在透鏡上之另一部分。結論係 PMMA 模製材料強結合至 APF 膜的外層，該 APF 膜係聚碳酸酯與共聚酯(PC:coPET)的摻合物。為了比較，在類似程序中將環烯烴樹脂射出模製至熱成型的 APF 上，且如上所述地測試黏著性。經發現，用膠帶完全移除 APF，沒有光學膜留在透鏡上。

接合測試 2

【0151】 光學堆疊經熱模製成 8 基線透鏡形狀，如大致上在美國專利第 9,557,568 號（Ouderkirk 等人）中所描述者。光學堆疊係具有設置在多層光學膜反射偏振器(APF)之各主要表面上的保護膜襯墊(OCPET NSA33T, Sun A Kaken Co, Ltd)的 APF。襯墊與 APF 對齊，且不延伸穿過 APF 的邊緣。

【0152】 光學堆疊插入模製係在使用 8 基線透鏡空白射出模製工具的 Krauss Maffei 65 噸射出模製機上完成。該熱成型光學堆疊經修整為正確尺寸以適應射出模製工具，且移除該等襯墊之一者。然後以殘餘襯墊背對模穴的方式將熱成型光學堆疊置於模製工具的突側上。

接著，射出成型程序使用 PMMA 模製材料(Optimas 7500, Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc)在 268°C 的溫度下射出至處於 82°C 的模製工具腔中執行。所得之光學總成在 66 秒之總射出成型循環時間之後自射出成型機移除。

【0153】 如接合測試 1 般地測試膜對透鏡的接合強度。經發現，多層光學膜分離成以膠帶移除的光學膜之一部分及殘留在透鏡上之另一部分。

延遲測試

【0154】 為判定由射出成型製成之透鏡延遲，一般形成如接合測試 1 所述之不具有光學膜的透鏡，且使用 Axometrics AxoScan™ Muller 矩陣偏振儀（可購自 Axometrics, Inc., Huntsville, AL）測量延遲。透鏡具有約 2 mm 的近似恆定厚度、36 mm 的曲率半徑及 70 mm 的直徑。表 10 中顯示隨極角及方位角（使用具有從透鏡的頂點測量之極角的球面座標）而變動的延遲（以 nm 為單位）。使用 550 nm 的波長，且結果係超過 20 次掃描的平均。測量重複點以判定結果的可重複性（例如，48 度的極角及 0 度的方位角等效於負 48 度的極角及 180 度的方位角。延遲在從閘側（極角約-48 度且方位角約 0 度）至透鏡之相對側的方向變化較大，且在正交方向變化較小。延遲在接近閘的小區域中高於 10 nm，且在透鏡之至少 80% 小於 10 nm。據信較長的退火時間會減少接近閘的延遲，使得延遲在透鏡各處會小於 10 nm。

表 10：延遲(nm)

極角 (度) 方位角 (度)	-48	-36	-24	-12	0	12	24	36	48
0	30	6.4	2	1.7	1.4	1	0.66	1	5.8
30	17	4.2	2.3	1.7	1.4	1	0.9	0.9	4.3
60	9.3	2.3	2.4	1.7	1.3	1.3	1.5	1.2	3.5
90	5.5	1.4	2.2	1.6	1.4	1.5	2	1.5	4.97
120	3.4	1.3	1.7	1.3	1.4	1.6	2.2	2.1	8.3
150	4.2	1.2	1	1.1	1.3	1.7	2.1	3.5	14.7
180	5.6	1.3	0.7	1	1.4	1.6	1.9	5.3	28.4

【0155】 除非另有所指，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。因此，本揭露意圖僅受限於申請專利範圍及其均等者。

【0156】 於上文中引用的文獻、專利、及專利申請案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。

【符號說明】

【0157】

100...光學總成

100b...光學總成

110...光學元件

113...光線

116...反射光線/光線

120...光學堆疊

120b...光學堆疊

163...第一偏振狀態

184...光線

186...透射光線

193...第二偏振狀態

220...光學堆疊

221...第一聚合層

222...多層光學膜/光學膜

223...第二聚合層

224...干涉層

224-1...第一封包

224-2...第二封包

226a...非干涉層

226b...非干涉層

230...額外膜或層/額外層

232...層

322...光學膜

326a...外非干涉層

326b...非干涉層

326c...外非干涉層

420...光學堆疊

420c...光學堆疊

420d...光學堆疊

422...光學膜

422d...光學膜

425...周邊

428...界面

428d...紋理界面

430...額外層

430b...第二層/層

430c...第一層

430d...襯墊

460...第一模具

462...第一彎曲模具表面/第一模具表面

470...第二模具

472...第二模具表面

480...模穴/穴

481...閘

483...可流動材料

500...光學總成

500b...光學總成

510...透鏡

- 512...第一部分
- 514...第二部分
- 515...第一主表面
- 517...第二主表面
- 519...彎曲凹部
- 520...光學堆疊
- 522...光學膜
- 527...第一主表面
- 529...第二主表面/主表面
- 530...額外膜或層/額外層
- 551a...邊緣
- 551b...邊緣
- 600...光學總成
- 600b...光學總成
- 610...透鏡
- 612...第一部分
- 614...第二部分
- 615...第一主表面
- 617...第二主表面
- 620...光學堆疊
- 622...多層光學膜/光學膜
- 627...第一主表面

- 629...第二主表面/主表面
- 630...額外層或膜/額外膜
- 653...法線
- 720...光學膜或光學堆疊
- 720d...光學堆疊
- 720e...光學堆疊
- 722e...光學膜
- 730e...額外層
- 800...光學總成
- 800b...光學總成
- 800c...光學總成
- 810a...第一光學元件
- 810b...第二光學元件/光學元件
- 810c...光學元件
- 820...光學堆疊或光學膜
- 820c...光學堆疊或光學膜
- 910...光學元件
- 987...位置
- 988...光線
- 989...光線
- 1010...透鏡
- 1094...第一邊緣位置

1095...中心位置

1096...第二邊緣位置

1097...第三邊緣位置

1098...第四邊緣位置

1099...軸

1130...保護塗層

1166...平面

1167...中心

A...面積

D1...沿著第一方向（平行於 x 方向）的最大側向尺寸

D2...沿著正交的第二方向（平行於 y 方向）的最大側向尺寸

h1...最大厚度/厚度

h2...最小厚度/厚度

R...最佳擬合球面第一曲率半徑

S...垂度/最大位移

x...方向

y...方向

z...方向

α ...角度

發明摘要

※申請案號：

※申請日：

※IPC 分類：

【發明名稱】 具有保護塗層之光學總成

OPTICAL ASSEMBLY WITH PROTECTIVE
COATING

【中文】

提供一種光學總成，其包括直接插入模製至一光學堆疊上的一光學元件。該光學堆疊包括一光學膜，且可用該光學膜設置在該光學元件與該襯墊之間的方式包括一襯墊。該襯墊（若包括）可從該光學膜移除而不實質損害該光學膜。該光學膜的一最外層可經擴散接合至該光學元件的一主表面。該光學膜包括一保護塗層，該保護塗層具有不大於 30 微米之一平均厚度。該保護塗層包括至少部分固化之組成物。該組成物包括 70 至 96 重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物及 2 至 20 重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有 2 至 9.5 之平均(甲基)丙烯酸酯官能性，該(甲基)丙烯酸酯單體具有 1 至 2 之(甲基)丙烯酸酯官能性。

【英文】

An optical assembly including an optical element insert molded directly onto an optical stack is provided. The optical stack includes an optical

film and may include a liner with the optical film being disposed between the optical element and the liner. The liner, if included, is removable from the optical film without substantial damage to the optical film. An outermost layer of the optical film may be diffusion bonded to a major surface of the optical element. The optical film includes a protective coating having an average thickness of no more than 30 micrometers. The protective coating includes an at least partially cured composition. The composition includes 70 to 96 weight percent of urethane (meth)acrylate compound having an average (meth)acrylate functionality of 2 to 9.5, and 2 to 20 weight percent of (meth)acrylate monomer having a (meth)acrylate functionality of 1 to 2.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：5A

【本代表圖之符號簡單說明】：

500...光學總成

500b...光學總成

510...透鏡

512...第一部分

514...第二部分

515...第一主表面

517...第二主表面

519...彎曲凹部

520...光學堆疊

522...光學膜

527...第一主表面

529...第二主表面/主表面

530...額外膜或層/額外層

551a...邊緣

551b...邊緣

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：無

申請專利範圍

1. 一種光學總成，其包含直接插入模製至光學堆疊上的光學元件，該光學堆疊包含光學膜及襯墊，該光學膜設置在該光學元件與該襯墊之間，
其中該襯墊可從該光學膜移除而不實質損害該光學膜，
其中該光學膜包含保護塗層，該保護塗層面向該襯墊且具有不大於30微米之平均厚度，且
其中該保護塗層包含至少部分經固化之組成物，該組成物包含：
 - a) 基於組分a)至d)的總重量之70至96重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有2至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；
 - b) 基於組分a)至d)的總重量之2至20重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有1至2的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包含胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；
 - c) 基於組分a)至d)的總重量之可選的0.5至2重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；
 - d) 可選的有效量之光起始劑；
 - e) 可選的無機奈米粒子；及
 - f) 可選的溶劑。
2. 如請求項1之光學總成，其中該光學膜包含主要藉由光學干涉而反射或透射光的複數個交替的聚合層，在該光學膜之總面積的至少80%上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約80%的反射率。
3. 如請求項1或2之光學總成，其中對於在該光學膜之總面積的至少80%上的各位置，該光學膜在該位置的反射率在移除該襯墊之前與

之後之間的差小於約5%。

4. 如請求項1之光學總成，其中該光學元件的熔融溫度比該光學膜的玻璃轉移溫度大至少50℃。
5. 如請求項1之光學總成，其中該光學元件係直接插入模製至該光學膜上，該光學膜經擴散接合至該光學元件。
6. 如請求項1之光學總成，其中該光學元件係透鏡，該透鏡具有沿著第一方向上的最大側向尺寸變化較大且沿著正交的第二方向上的最大側向尺寸變化較小的光學延遲，該透鏡上之各位置處的該光學延遲不多於約10 nm。
7. 一種光學總成，其包含：
一體成形的多層光學膜；及
第一光學元件，其直接射出插入模製至該光學膜上，該光學膜包含主要藉由光學干涉而反射或透射光的複數個交替的聚合層，在該光學膜之總面積的至少80%上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約80%的反射率，
其中該第一光學元件的熔融溫度實質上大於該光學膜的玻璃轉移溫度，
其中該光學膜包含保護塗層，該保護塗層具有不大於30微米的平均厚度，該保護塗層背對該第一光學元件，且
其中該保護塗層包含至少部分經固化之組成物，該組成物包含：
 - a) 基於組分a)至d)的總重量之70至96重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有2至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；
 - b) 基於組分a)至d)的總重量之2至20重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有1至2的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包含胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合

物；

- c) 基於組分a)至d)的總重量之可選的0.5至2重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；
 - d) 可選的有效量之光起始劑；
 - e) 可選的無機奈米粒子；及
 - f) 可選的溶劑。
8. 如請求項7之光學總成，其中該光學膜經擴散接合至該光學元件。
9. 一種光學總成，其包含：
- 一體成形的多層光學膜，該光學膜包含主要藉由光學干涉而反射或透射光的複數個交替的聚合層，在該光學膜之總面積的至少90%上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約90%的反射率；及
- 光學元件，其直接插入模製至該光學膜上，該光學膜經擴散接合至該光學元件，
- 其中該光學膜包含保護塗層，該保護塗層具有不大於30微米的平均厚度，該保護塗層背對該光學元件，且
- 其中該保護塗層包含至少部分經固化之組成物，該組成物包含：
- a) 基於組分a)至d)的總重量之70至96重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有2至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；
 - b) 基於組分a)至d)的總重量之2至20重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有1至2的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包含胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；
 - c) 基於組分a)至d)的總重量之可選的0.5至2重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；

- d) 可選的有效量之光起始劑；
- e) 可選的無機奈米粒子；及
- f) 可選的溶劑。

10. 一種光學總成，其包含：

透鏡；及

多層光學膜，其具有相對的第一主表面及第二主表面，該第一主表面設置在該透鏡之第一側的第一部分上，在該多層光學膜之總面積的至少80%上的各位置對於具有相同預定波長及相同第一偏振狀態的法向入射光具有大於約80%的反射率，

其中該透鏡之該第一側的第二部分與該多層光學膜之該第二主表面實質齊平，

其中該多層光學膜包含保護塗層，該保護塗層具有不大於30微米之平均厚度，該保護塗層背對該透鏡，且

其中該保護塗層包含至少部分經固化之組成物，該組成物包含：

- a) 基於組分a)至d)的總重量之70至96重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有2至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；
- b) 基於組分a)至d)的總重量之2至20重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有1至2的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包含胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；
- c) 基於組分a)至d)的總重量之可選的0.5至2重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；
- d) 可選的有效量之光起始劑；
- e) 可選的無機奈米粒子；及
- f) 可選的溶劑。

11. 一種光學總成，其包含：

透鏡；及

光學堆疊，其設置在該透鏡的主表面上，

其中該透鏡至少部分地環繞該光學堆疊的邊緣，

其中該光學堆疊包含保護塗層，該保護塗層具有不大於30微米的平均厚度，該保護塗層背對該透鏡，且

其中該保護塗層包含至少部分經固化之組成物，該組成物包含：

- a) 基於組分a)至d)的總重量之70至96重量百分比的胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有2至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；
- b) 基於組分a)至d)的總重量之2至20重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有1至2的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包含胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；
- c) 基於組分a)至d)的總重量之可選的0.5至2重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；
- d) 可選的有效量之光起始劑；
- e) 可選的無機奈米粒子；及
- f) 可選的溶劑。

12. 一種光學總成，其包含：

透鏡，其具有於其中界定彎曲凹部的第一主表面；及

多層光學膜，其黏附至該彎曲凹部且適形於該彎曲凹部，

其中該多層光學膜包含保護塗層，該保護塗層具有不大於30微米之平均厚度，該保護塗層背對該透鏡，且

其中該保護塗層包含至少部分經固化之組成物，該組成物包含：

- a) 基於組分a)至d)的總重量之70至96重量百分比的胺甲酸酯

(甲基)丙烯酸酯化合物，其具有2至9.5之平均(甲基)丙烯酸酯官能性；

- b) 基於組分a)至d)的總重量之2至20重量百分比的(甲基)丙烯酸酯單體，其具有1至2的(甲基)丙烯酸酯官能性，其中該(甲基)丙烯酸酯單體不包含胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物；
- c) 基於組分a)至d)的總重量之可選的0.5至2重量百分比的聚矽氧(甲基)丙烯酸酯；
- d) 可選的有效量之光起始劑；
- e) 可選的無機奈米粒子；及
- f) 可選的溶劑。

13. 如請求項1至12中任一項之光學總成，其中該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有1100 g/莫耳至2100 g/莫耳之分子量及307 g/當量至220 g/當量之丙烯酸酯當量。
14. 如請求項1至12中任一項之光學總成，其中該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物具有1100 g/莫耳至1300 g/莫耳之分子量及307 g/當量至275 g/當量之丙烯酸酯當量。
15. 如請求項1至12中任一項之光學總成，其中該組成物包含80至96重量百分比的該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物及2至12.5重量百分比的該(甲基)丙烯酸酯單體，該胺甲酸酯(甲基)丙烯酸酯化合物之平均(甲基)丙烯酸酯官能性係自2至4.8，該保護塗層具有58 mm至76 mm之最佳擬合球面曲率半徑及13至20 mm之自在該保護塗層之中心處正切於該保護塗層之平面的最大位移。

圖式

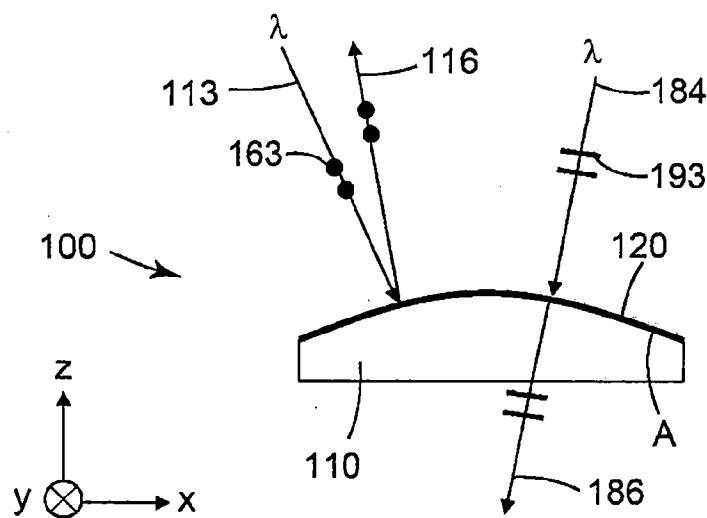


圖1A

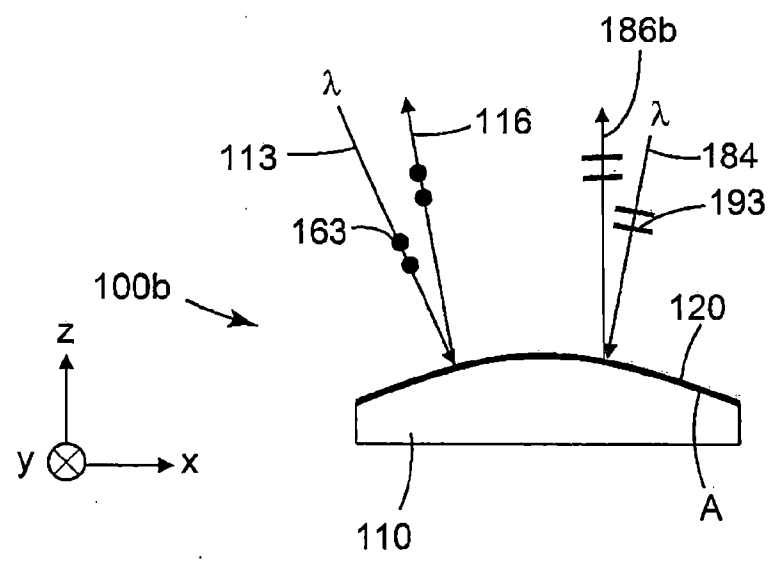


圖1B

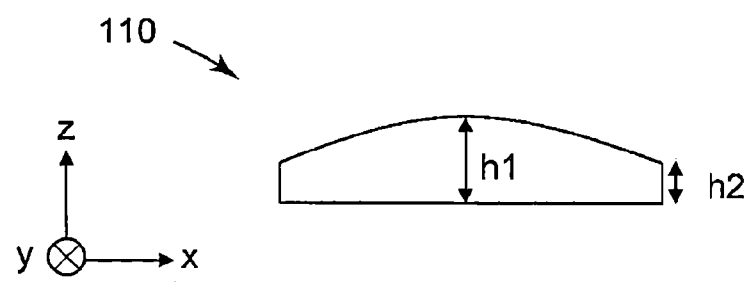


圖1C

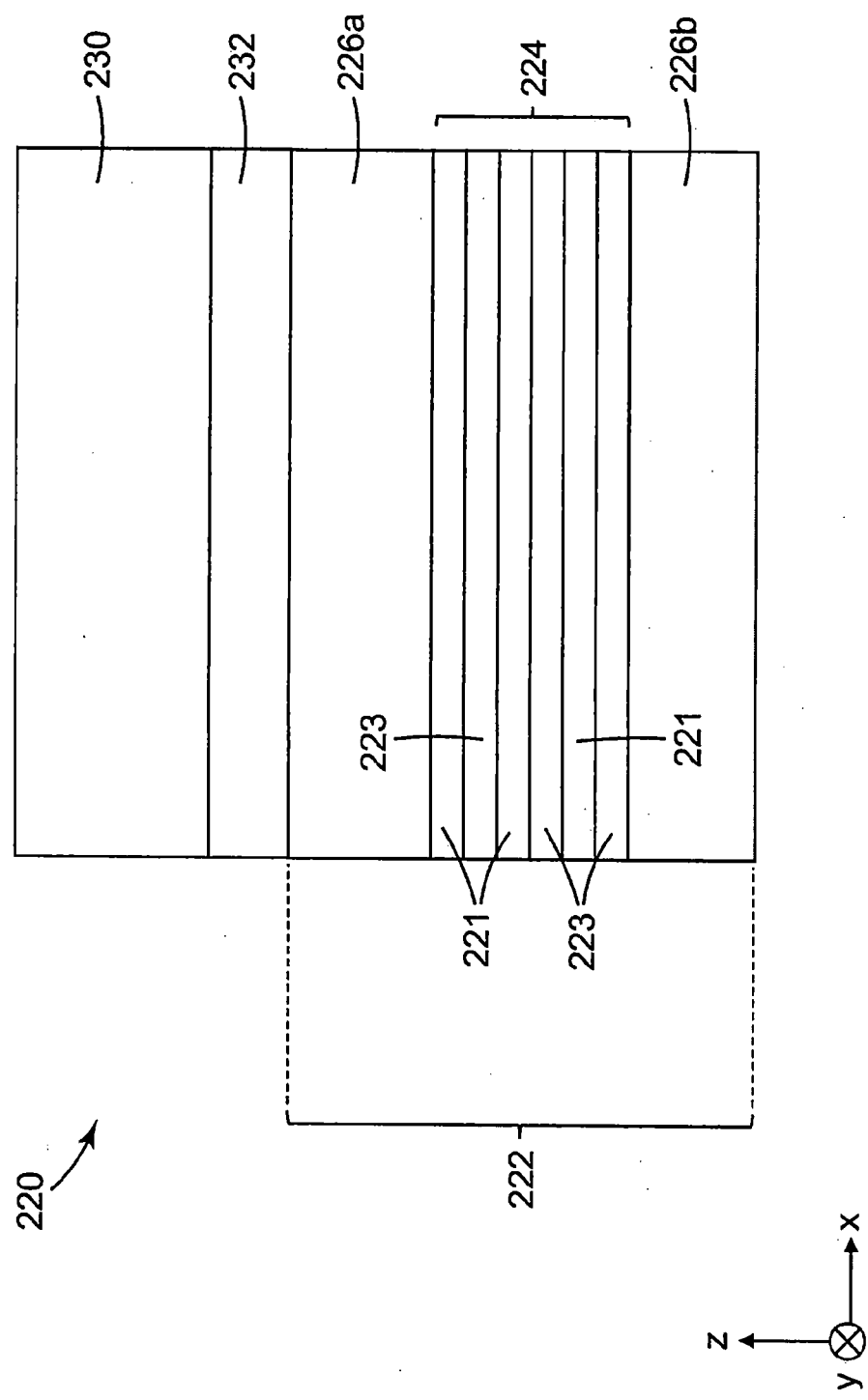


圖2

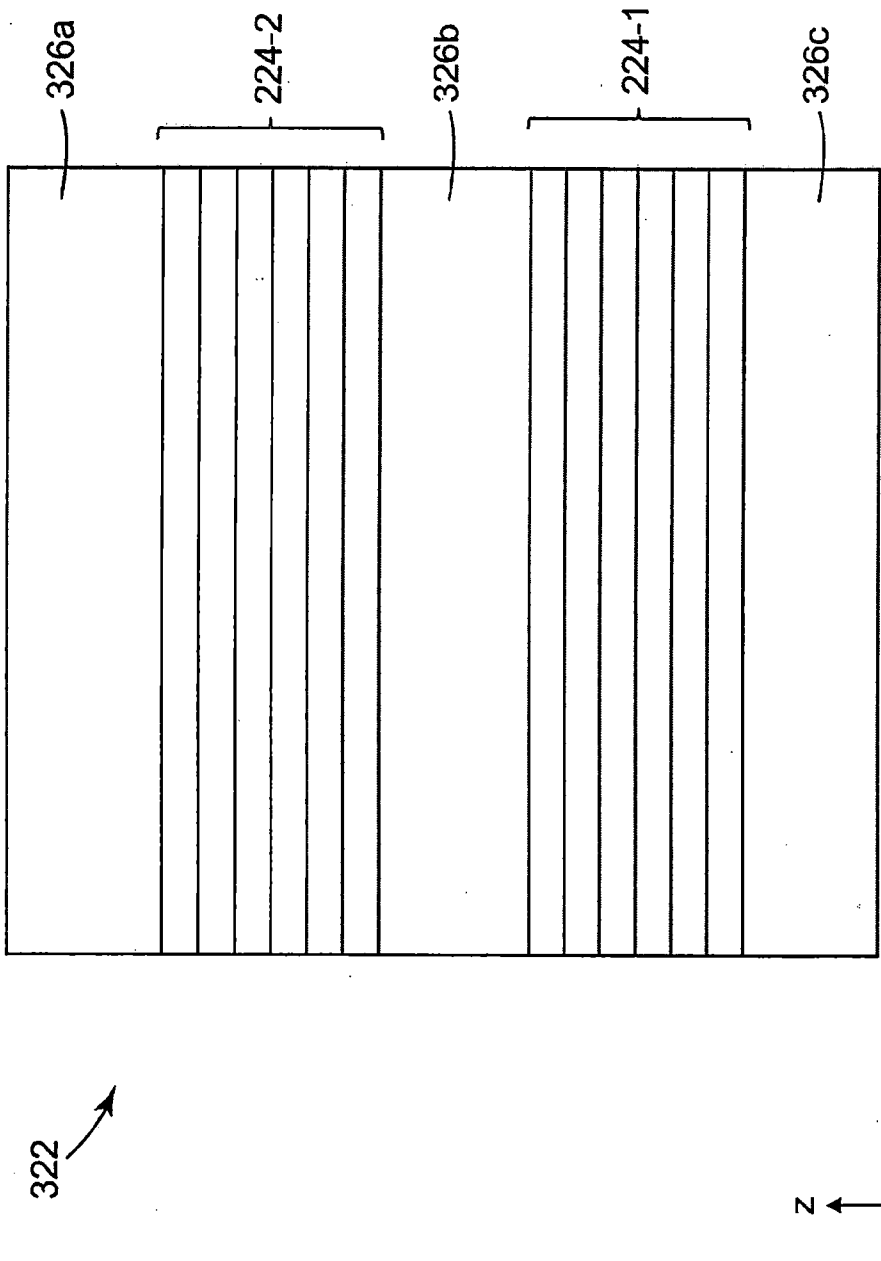


圖3

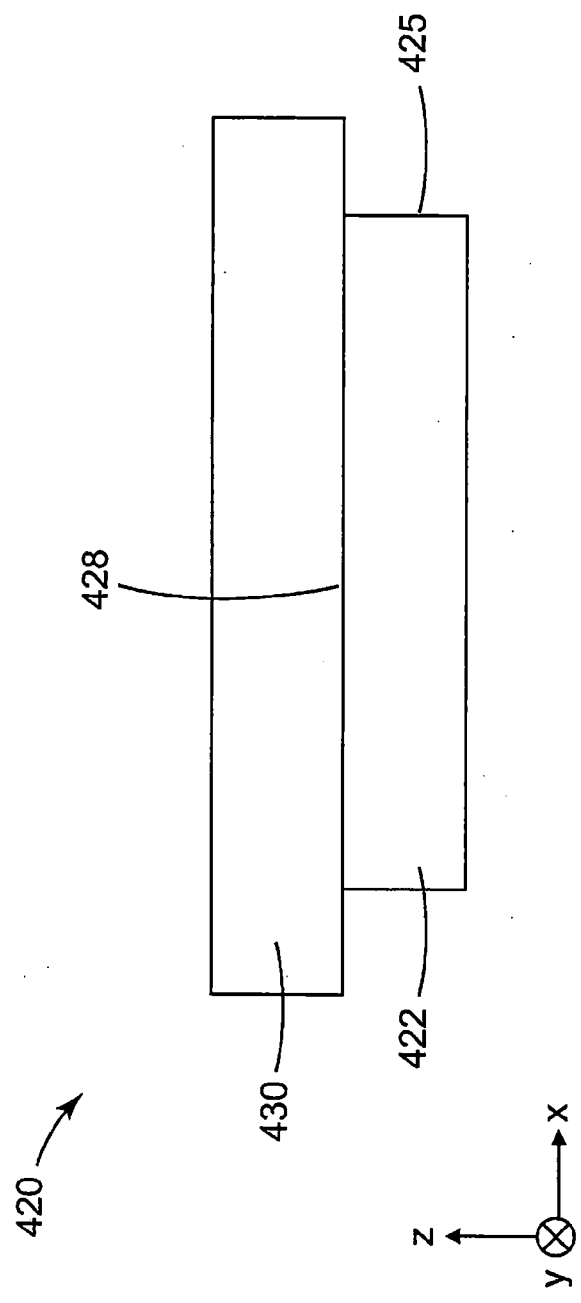


圖4A

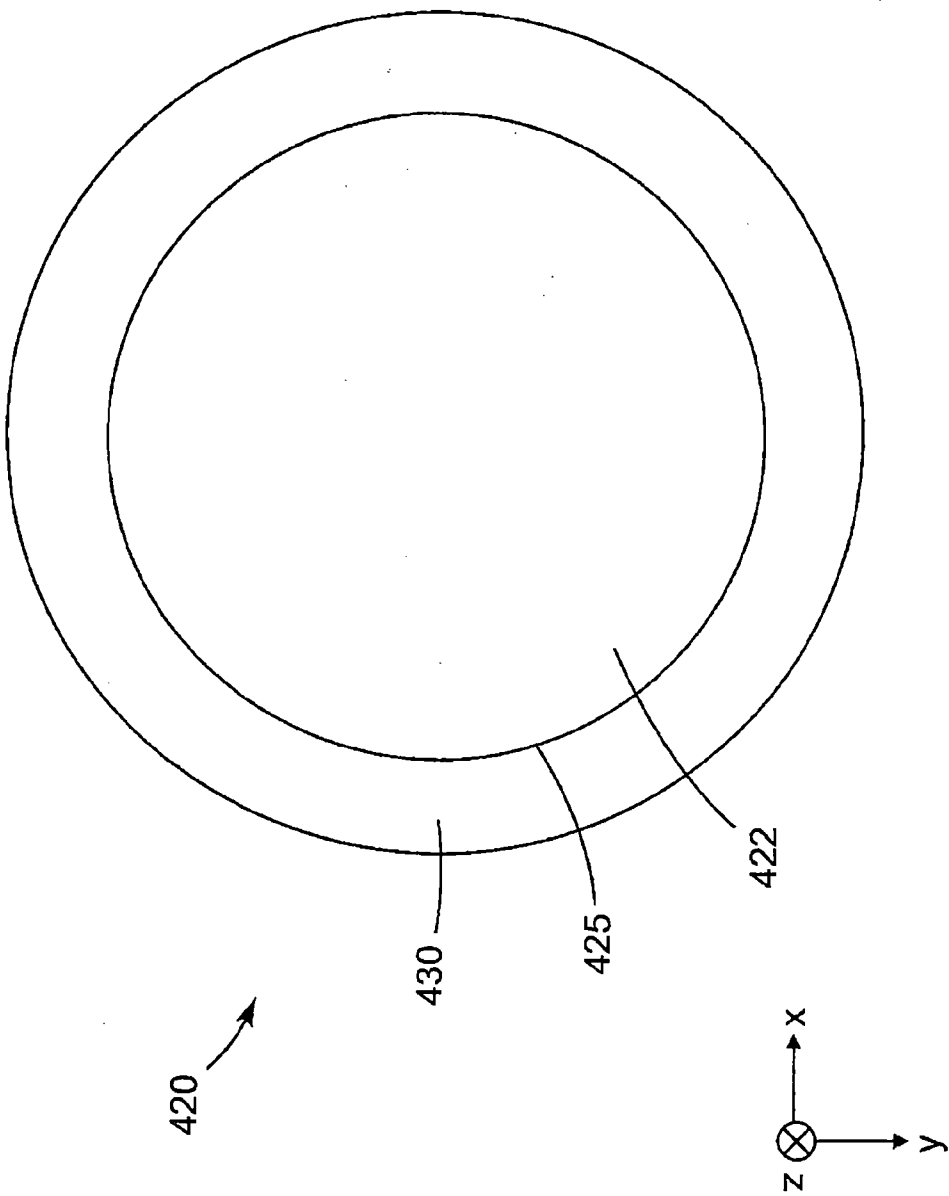


圖4B

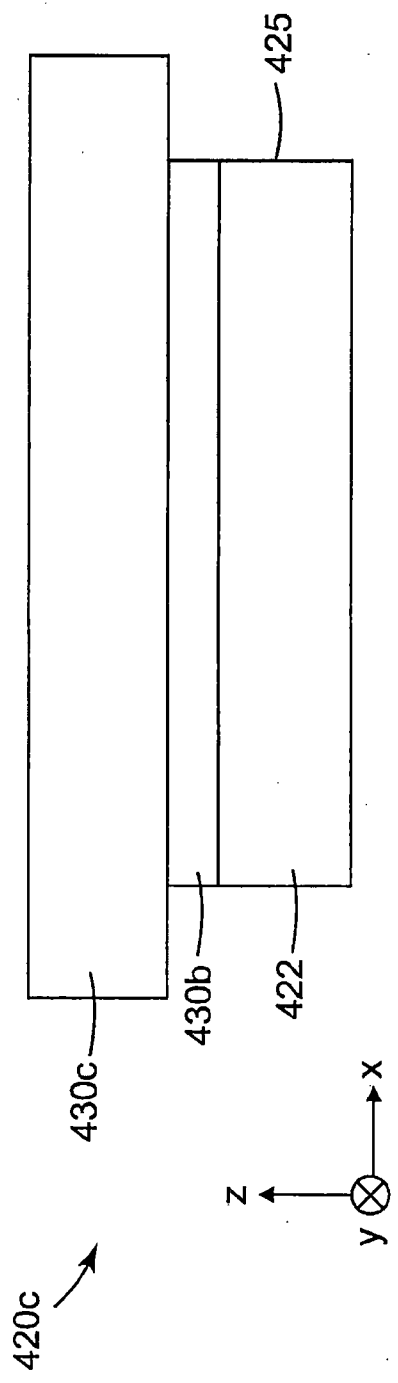


圖4C

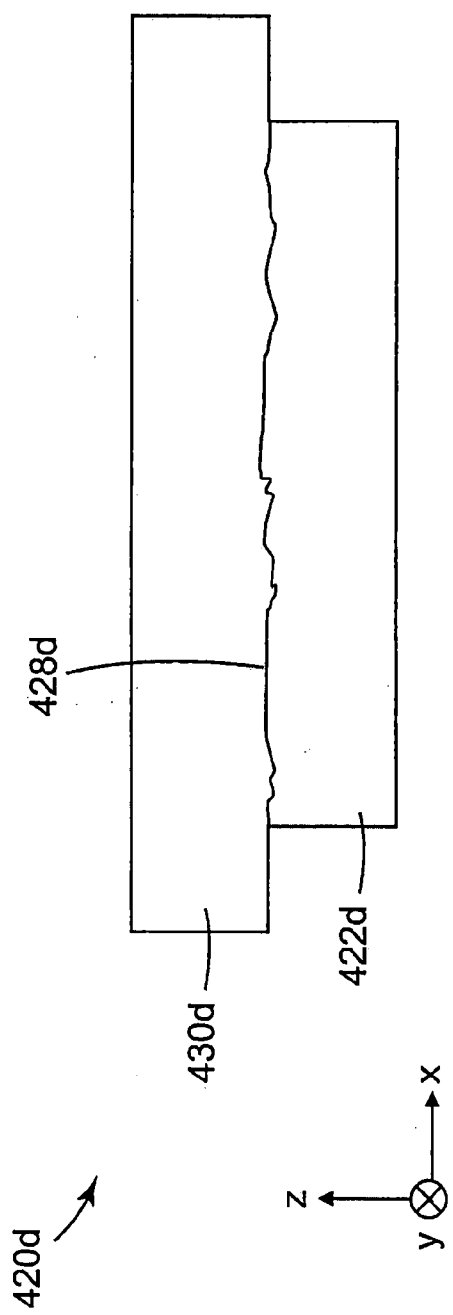


圖4D

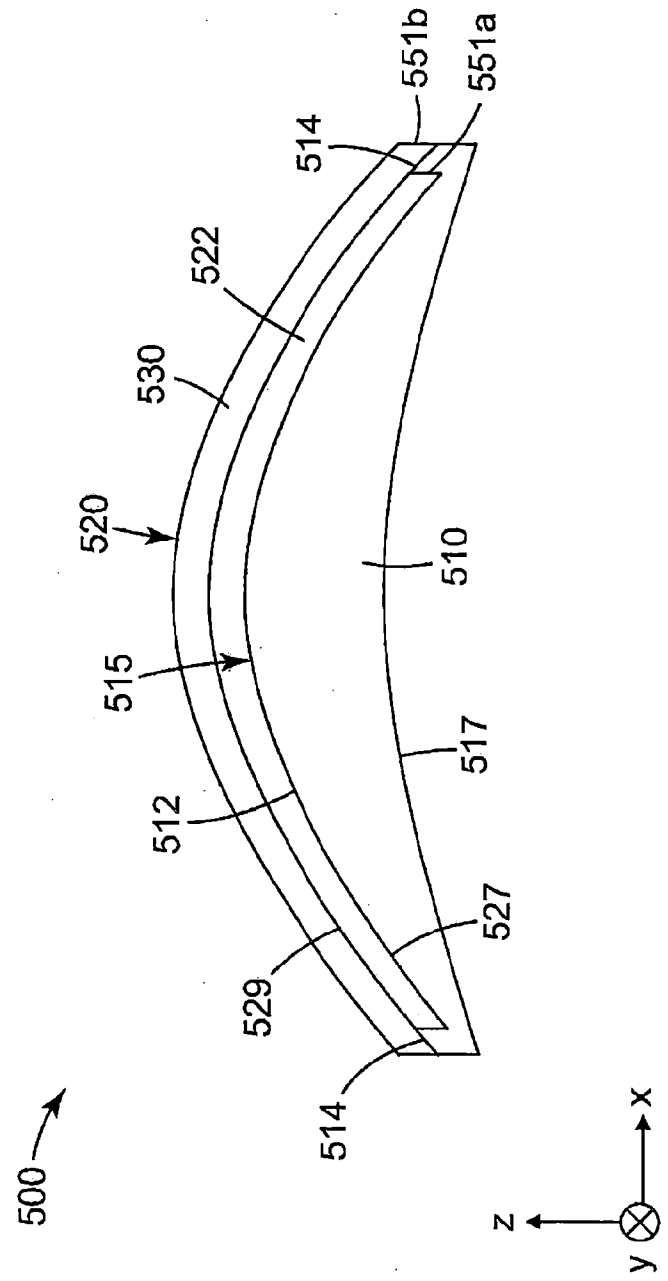


圖5A

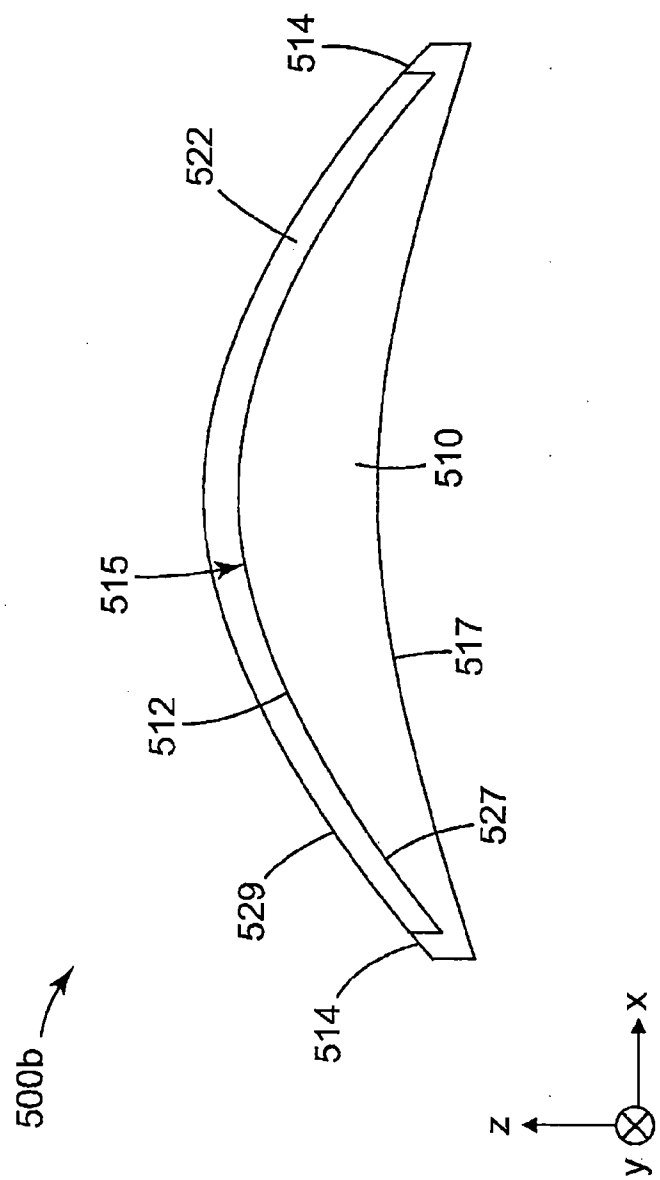


圖5B

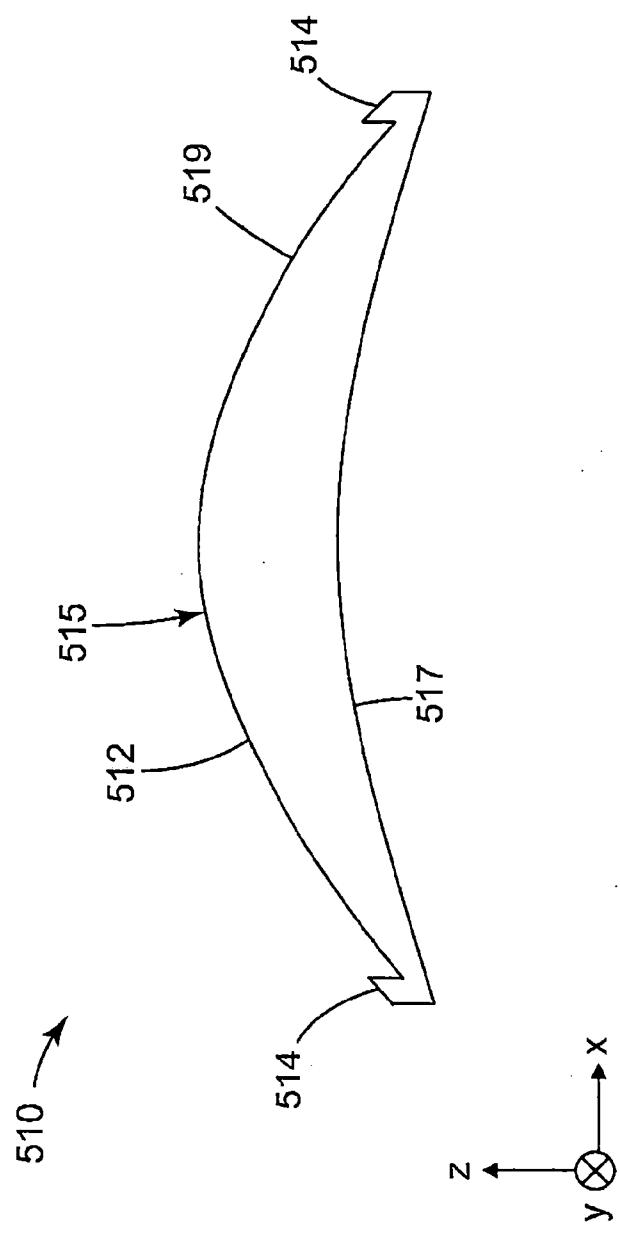


圖5C

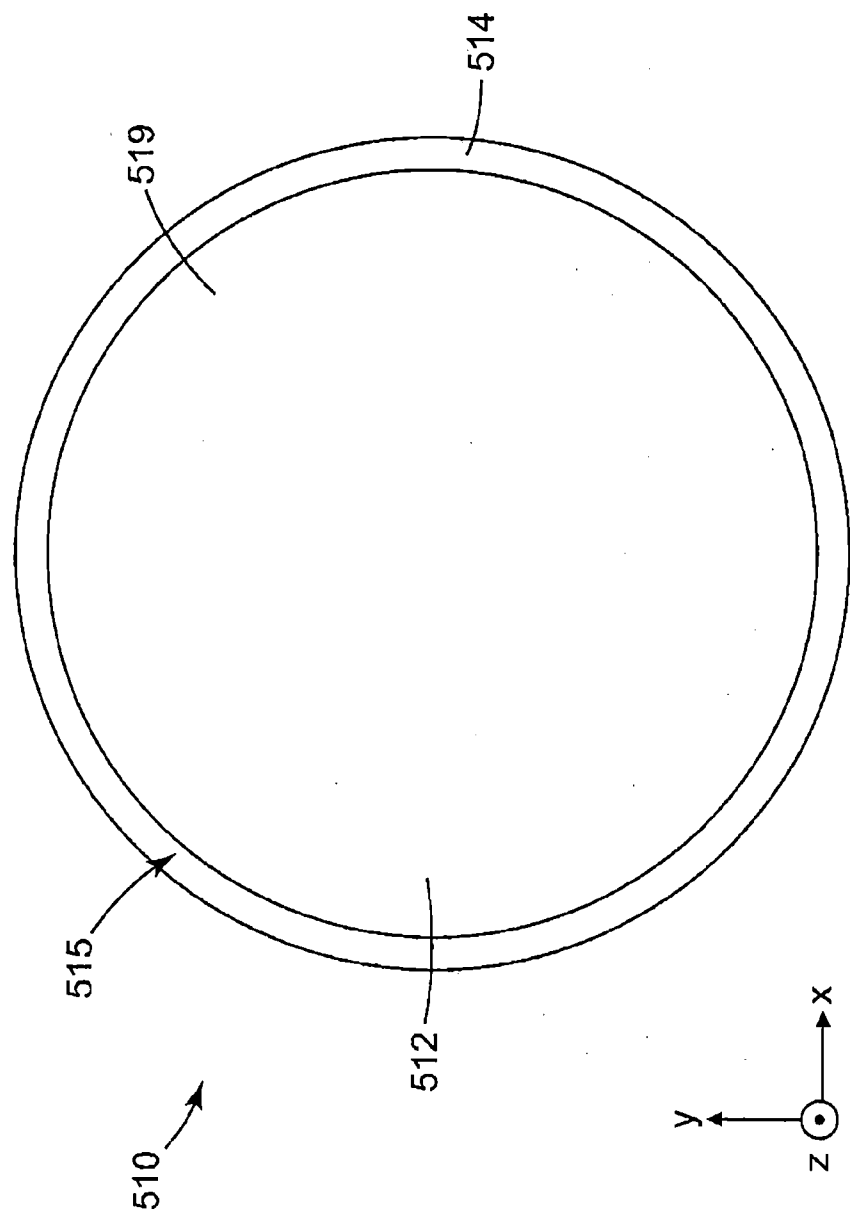


圖5D

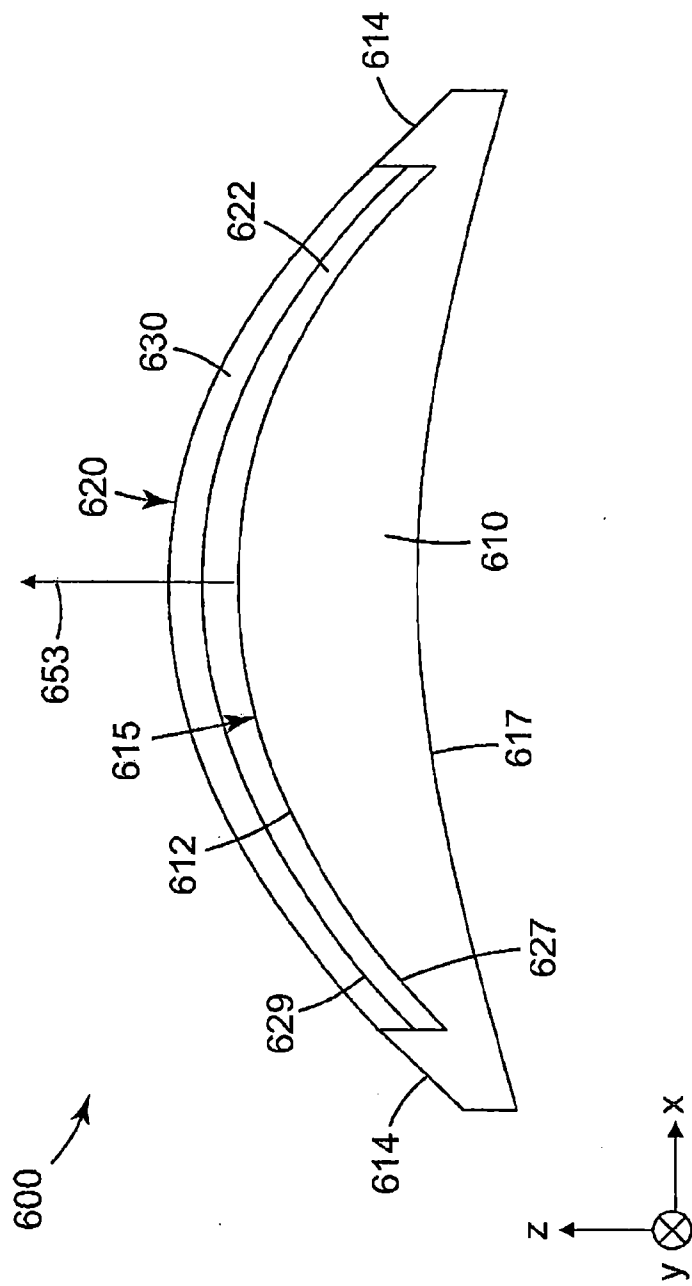


圖 6A

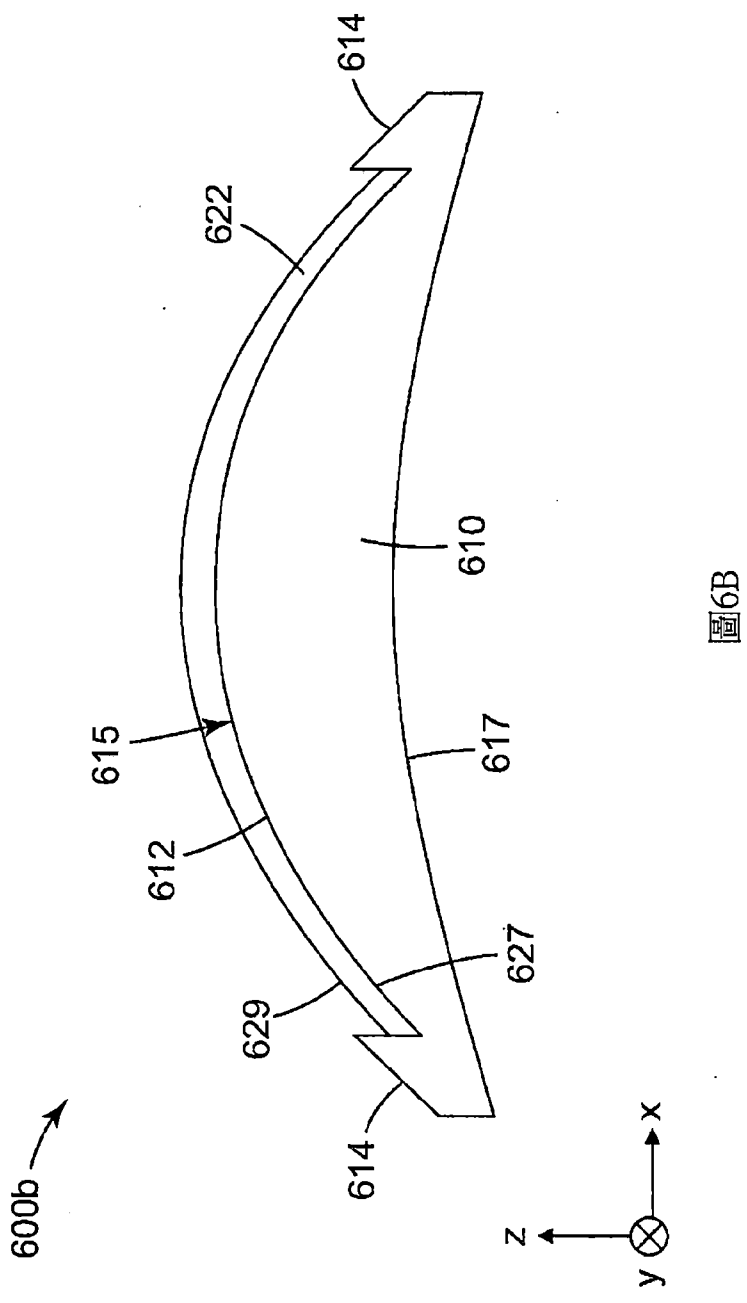


圖 6B

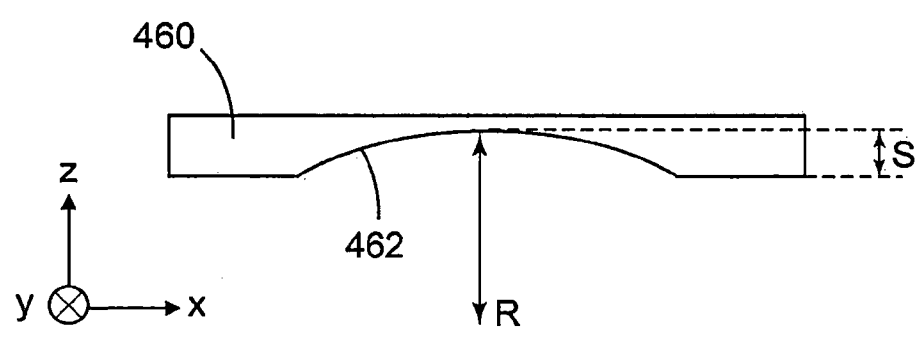


圖7A

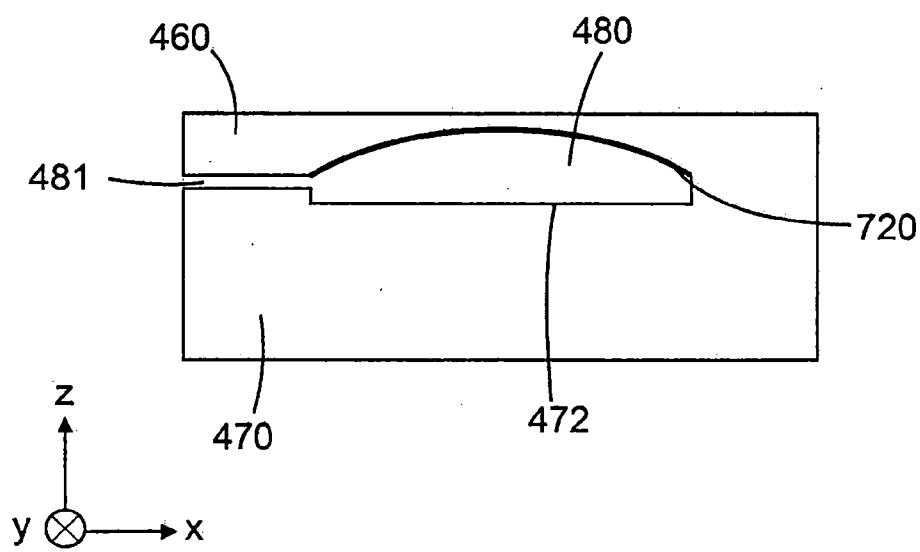


圖7B

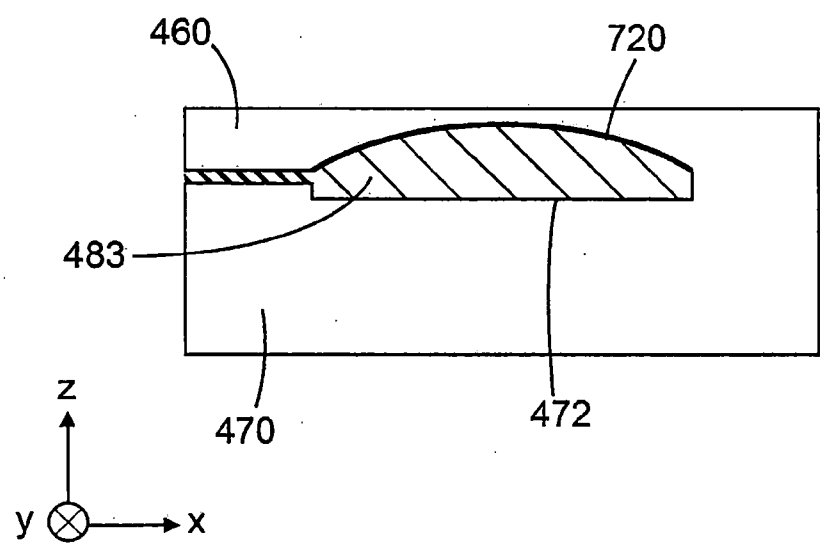


圖7C

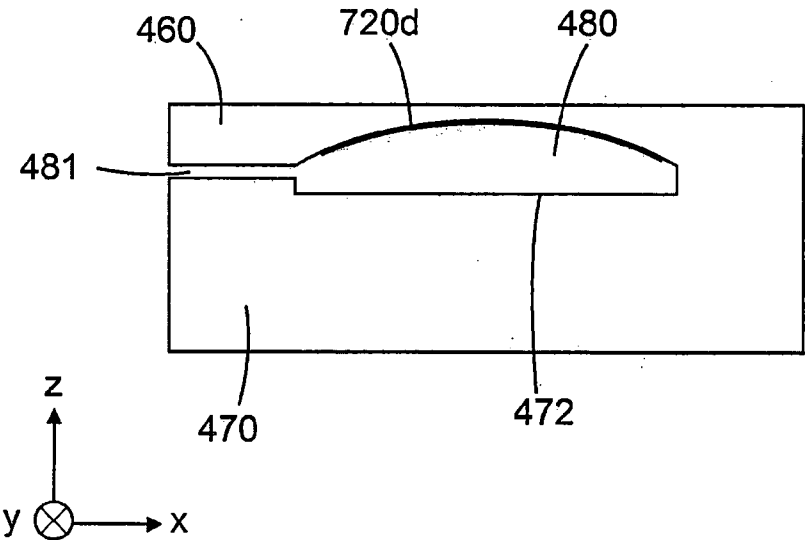


圖7D

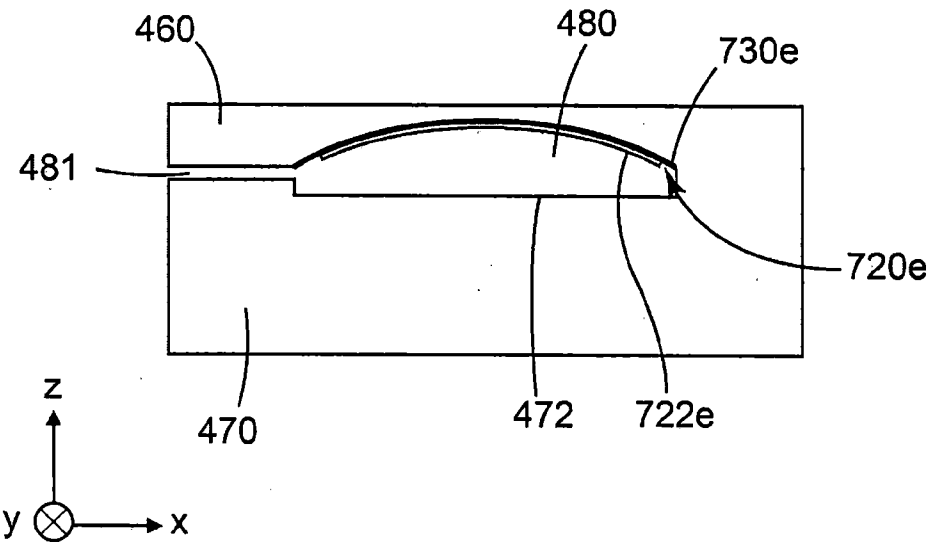


圖7E

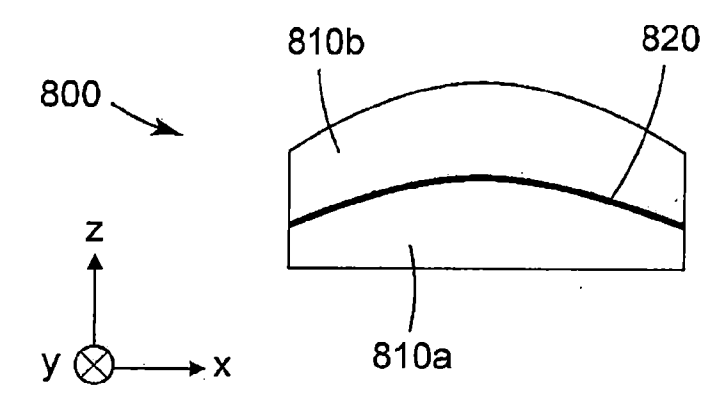


圖8A

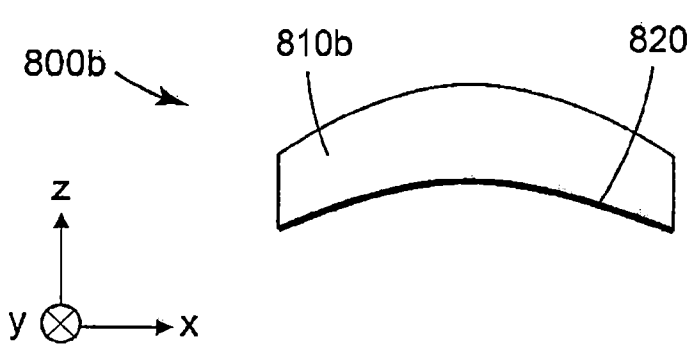


圖8B

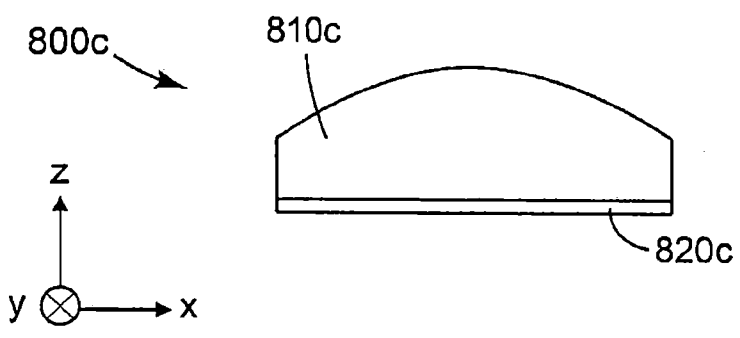


圖8C

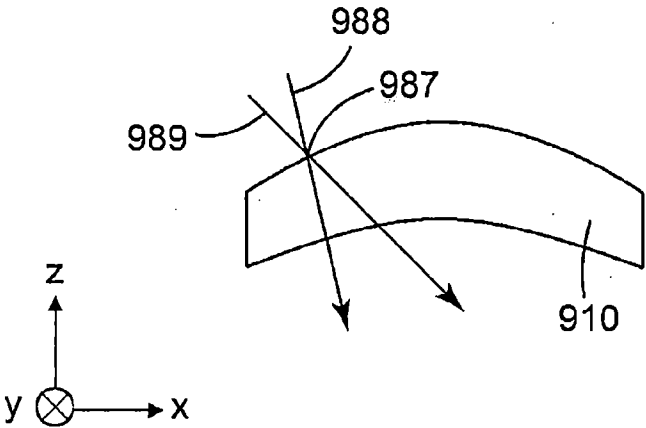


圖9

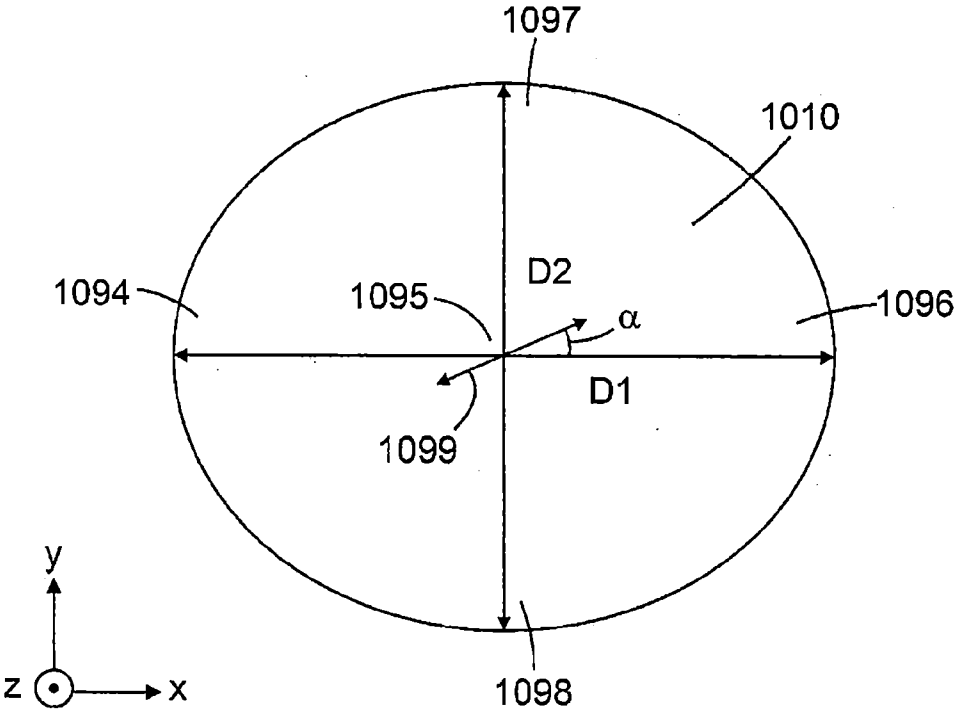


圖10

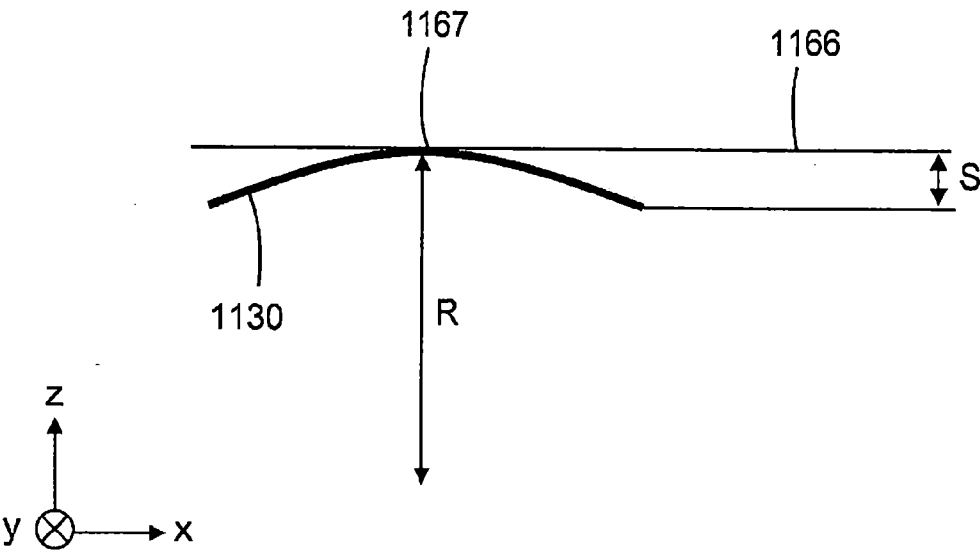


圖11