



(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 202303194 A

(43)公開日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 16 日

(21)申請案號：111118262

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 05 月 16 日

(51)Int. Cl.：

G02B5/18 (2006.01)**H01L21/3065(2006.01)****G02B27/44 (2006.01)**

(30)優先權：2021/05/17

芬蘭

20215575

(71)申請人：芬蘭商迪斯帕列斯有限公司 (芬蘭) DISPELIX OY (FI)

芬蘭

(72)發明人：瓦蒂阿伊寧 伊思莫 VARTIAINEN, ISMO (FI)

(74)代理人：洪武雄；陳昭誠

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：4 共 29 頁

(54)名稱

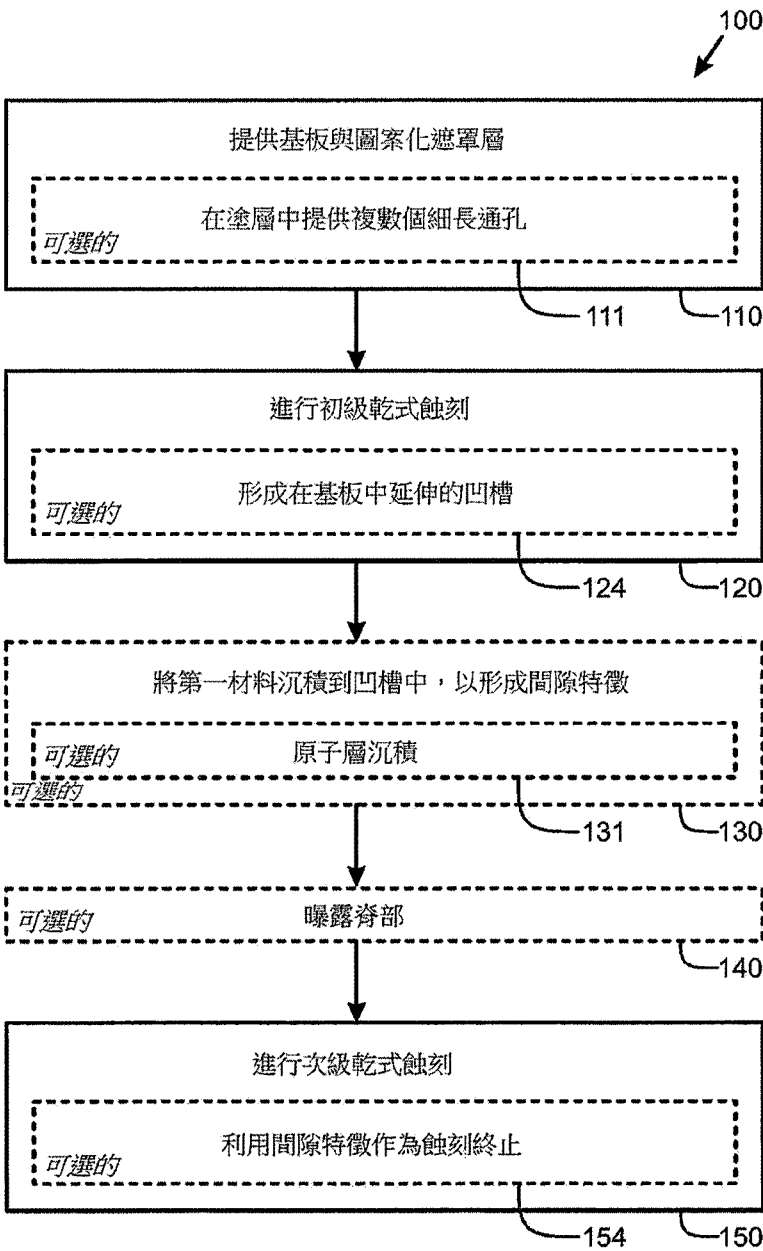
閃耀光柵之製造方法

(57)摘要

本揭露係有關一種閃耀光柵之製造方法(100)。該方法(100)包括：提供基板和在該基板上的圖案化遮罩層(110)；進行該基板的初級乾式蝕刻(120)，以使初級離子朝向初級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上；以及進行該基板的次級乾式蝕刻(150)，以使次級離子朝向次級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上。該初級蝕刻方向和該次級蝕刻方向在光柵橫截面上的初級投影和次級投影分別垂直於閃耀面方向和防閃耀面方向中的一者和另一者延伸，且被朝向一方向加速的離子被準直以形成用於蝕刻該基板的準直離子束，該方向在該光柵橫截面上的投影係垂直於該閃耀面方向。

This disclosure relates to a method (100) for fabricating a blazed grating. The method (100) comprises providing a substrate and a patterned mask layer (110) on the substrate, performing primary dry etching (120) of the substrate such that primary ions are accelerated towards a primary etch direction to impinge on the substrate, and performing secondary dry etching (150) of the substrate such that secondary ions are accelerated towards a secondary etch direction to impinge on the substrate. A primary projection of the primary etch direction and a secondary projection of the secondary etch direction onto the grating cross-sectional plane extend perpendicular to one and the other of a blaze facet direction and an anti-blaze facet direction, respectively, and ions accelerated towards a direction with a projection onto a grating cross-sectional plane perpendicular to the blaze facet direction are collimated to form a collimated ion beam for etching the substrate.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

110:提供基板與圖案化遮罩層

111:在塗層中提供複數個細長通孔

120:進行初級乾式蝕刻

124:形成在基板中延伸的凹槽

130:將第一材料沉積到凹槽中

131:原子層沉積

140:曝露脊部

150:進行次級乾式蝕刻

154:利用間隙特徵作為蝕刻終止

【發明摘要】

【中文發明名稱】 閃耀光柵之製造方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR FABRICATING A BLAZED
GRATING

【中文】

本揭露係有關一種閃耀光柵之製造方法(100)。該方法(100)包括：提供基板和在該基板上的圖案化遮罩層(110)；進行該基板的初級乾式蝕刻(120)，以使初級離子朝向初級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上；以及進行該基板的次級乾式蝕刻(150)，以使次級離子朝向次級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上。該初級蝕刻方向和該次級蝕刻方向在光柵橫截面上的初級投影和次級投影分別垂直於閃耀面方向和防閃耀面方向中的一者和另一者延伸，且被朝向一方向加速的離子被準直以形成用於蝕刻該基板的準直離子束，該方向在該光柵橫截面上的投影係垂直於該閃耀面方向。

【英文】

This disclosure relates to a method (100) for fabricating a blazed grating. The method (100) comprises providing a substrate and a patterned mask layer (110) on the substrate, performing primary dry etching (120) of the substrate such that primary ions are accelerated towards a primary etch direction to impinge on the substrate, and performing secondary dry etching (150) of the substrate such that secondary ions are accelerated

towards a secondary etch direction to impinge on the substrate. A primary projection of the primary etch direction and a secondary projection of the secondary etch direction onto the grating cross-sectional plane extend perpendicular to one and the other of a blaze facet direction and an anti-blaze facet direction, respectively, and ions accelerated towards a direction with a projection onto a grating cross-sectional plane perpendicular to the blaze facet direction are collimated to form a collimated ion beam for etching the substrate.

【指定代表圖】 圖1

【代表圖之符號簡單說明】

110:提供基板與圖案化遮罩層

111:在塗層中提供複數個細長通孔

120:進行初級乾式蝕刻

124:形成在基板中延伸的凹槽

130:將第一材料沉積到凹槽中

131:原子層沉積

140:曝露脊部

150:進行次級乾式蝕刻

154:利用間隙特徵作為蝕刻終止

【特徵化學式】 無。

【發明說明書】

【中文發明名稱】 閃耀光柵之製造方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR FABRICATING A BLAZED
GRATING

【技術領域】

【0001】 本揭露係有關繞射光柵(diffraction grating)，且特別係有關閃耀光柵(blazed grating)。

【先前技術】

【0002】 普通的表面浮雕繞射光柵，即所謂的二元光柵(binary grating)，包括複數個凸脊(ridge)和凹槽(groove)，其中，凸脊的頂部和凹槽的底部相互平行延伸。已存在用於製造這種二元光柵的眾所周知的製程。對於這種二元光柵，法線方向入射光被繞射，使得在負繞射級(negative diffraction order)和正繞射級(positive diffraction order)中均產生相等的繞射效率。這種效應源於二元光柵橫截面輪廓的鏡像對稱。

【0003】 在許多應用中，例如，在許多基於波導(waveguide)的顯示結構中，趨向一個或多個特定繞射級的繞射可能是合乎需要的，且進入其他繞射級的繞射可視為光損耗。為了將光優先導向特定的繞射級，必須使用具有非鏡像對稱的橫截面輪廓的光柵。這種非對稱光柵的一個範例是所謂的具有三角形或鋸齒形橫截面輪廓的閃耀光柵。

【0004】通常，閃耀光柵使用基於灰階微影術(grayscale lithography)的製程製造。儘管這種製程已經被改進以產生具有可接受特性的光柵，但由於典型的灰階微影術光阻劑的低對比度，使用灰階微影術生產的閃耀光柵的特徵，尤其是閃耀光柵的頂點，通常相對圓潤(rounded)。這種與理想閃耀輪廓的偏差可能會降低使用灰階微影術生產的閃耀光柵的繞射效率，及/或增加由這種光柵引起的光散射。

【0005】鑑於上述情況，可能需要開發與閃耀光柵相關的新解決方案。

【發明內容】

【0006】本發明內容以簡化形式介紹某些概念，這些概念將在下面的實施方式中進一步描述。本發明內容之用意並非指出申請專利範圍的關鍵特徵或必要特徵，也並非用於限制請求項所請求保護的範圍。

【0007】本說明書提供一種閃耀光柵之製造方法，該閃耀光柵包括凸脊，該凸脊具有面向閃耀面方向的閃耀面和面向防閃耀面方向的防閃耀面，該閃耀面方向和該防閃耀面方向沿光柵橫截面延伸。該方法包括：提供基板和在該基板上的圖案化遮罩層；進行該基板的初級乾式蝕刻，以使初級離子朝向初級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上；以及進行該基板的次級乾式蝕刻，以使次級離子朝向次級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上。該初級蝕刻方向在該光柵橫截面上的初級投影(primary projection)和該次級蝕刻方向在該光柵橫截面上的次級投影(secondary projection)分別垂直於該閃耀面方向和該防閃耀面方向中的一者和另一者延伸，且被朝向一方向加速

的離子（初級離子和次級離子中的離子）被準直以形成用於蝕刻該基板的準直離子束，該方向在該光柵橫截面上的投影係垂直於該閃耀面方向。

【圖式簡單說明】

【0008】結合所附圖式閱讀以下詳細描述可以更佳地理解本揭露，其中：

圖 1 繪示一種製造閃耀光柵的方法，

圖 2A、2B、2C、2D 和 2E 繪示用於製造閃耀光柵的方法的一系列後續階段，

圖 3A、3B、3C、3D、3E、3F、3G 和圖 3H 繪示用於製造閃耀光柵的另一種方法的一系列後續階段，以及

圖 4A、4B、4C、4D、4E 和圖 4F 繪示用於製造閃耀光柵的又一種方法的一系列後續階段。

【0009】除非有相反的特別說明，否則上述圖式中的任何圖式都可能不是按比例繪製，從而所述圖式中的任何元件均可能以相對於所述圖式中的其他元件的不準確比例繪製，以便強調該圖式的實施例的某些結構態樣。

【0010】圖式中呈現的實施例的對應元件（例如相同或相似的元件）已使用相同的元件符號標示。前述圖式中的對應元件在所述圖式中可能彼此不成比例，以強調所述圖式的實施例的某些結構態樣。

【實施方式】

【0011】圖 1 繪示用於製造閃耀光柵的方法 100，該閃耀光柵包括凸脊，該凸脊具有面向閃耀面方向的閃耀面(blaze facet)和面向防閃耀面方向的防閃耀面(anti-blaze facet)，該閃耀面方向和該防閃耀面方向沿著光柵橫截面延伸。在其他實施例中，製造閃耀光柵的方法可以與圖 1 的實施例的方法 100 相同、相似或不同。

【0012】在圖 1 的實施例中，方法 100 包括提供基板和在基板上的圖案化遮罩層 110，進行基板的初級乾式蝕刻(primary dry etching) 120，以使初級離子朝著初級蝕刻方向加速以撞擊基板，以及進行基板的次級乾式蝕刻(secondary dry etching) 150，以使次級離子朝著次級蝕刻方向加速以撞擊基板。

【0013】在本說明書中，「乾式蝕刻」可以指藉由暴露於離子轟擊以去除材料。典型的乾式蝕刻技術包括反應離子蝕刻(Reactive Ion Etching, RIE)、深反應離子蝕刻(Deep Reactive Ion Etching, DRIE)、電感耦合電漿反應離子蝕刻(Inductively Coupled Plasma Reactive Ion Etching, ICP-RIE)、離子銑削(ion milling)、離子束蝕刻(Ion beam Etching, IBE)、反應離子束蝕刻(Reactive Ion Beam Etching, RIBE)、及以上技術之變體。

【0014】在本說明書中，進行基板的乾式蝕刻以使特定離子「加速朝向」特定方向以撞擊基板可以指以平均速度（例如，漂移速度）朝向特定方向提供離子。通常，此類離子可以藉由電場朝特定方向加速。

【0015】在圖 1 的實施例中，初級蝕刻方向在光柵橫截面上的初級投影和次級蝕刻方向在光柵橫截面上的次級投影分別垂直於閃耀面方向和防閃耀面方向中的一者和另一者而延伸，且被加速朝向一方向的離子（初級

離子和次級離子中的離子)被準直以形成準直離子束(collimated ion beam)，用於蝕刻基板，該方向在光柵橫截面上的投影係垂直於閃耀面方向。通常這種初級蝕刻方向和次級蝕刻方向，以及使用準直離子束蝕刻垂直於閃耀面方向的基板，可以有助於製造具有更尖銳或較不圓潤的特徵(例如，頂點和/或小平面)的閃耀光柵。

【0016】在此，「準直離子束」可以指從準直器(collimator)朝向特定蝕刻方向(例如，初級蝕刻方向或次級蝕刻方向)傳播的離子束。附加地或替代地，從準直器朝向特定蝕刻方向傳播的離子束可以被稱為準直離子束，例如，若離子束與初級蝕刻方向的最大角度偏差為 4° 、 3° 或 2° ，則可稱為準直離子束。如果形成的準直離子束用於蝕刻基板，則可以在基板的位置確定此類最大角度偏差。

【0017】如圖 1 中的虛線所示，進行初級乾式蝕刻 120 的製程可以可選地包括形成在基板中沿初級蝕刻方向延伸的凹槽 124，該方法 100 可以可選地包括將第一材料沉積到凹槽中 130，以形成間隙特徵(interstitial feature)，並且，進行次級乾式蝕刻 150 的製程可以可選地包括利用該間隙特徵作為蝕刻終止(etch stop) 154。一般而言，在進行次級乾式蝕刻時利用間隙特徵作為蝕刻終止，可以使製造的閃耀光柵具有更銳利、較不圓潤的特徵和/或更平滑和/或更均勻的小平面。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括也可以不包括一個或多個這樣的特徵。

【0018】在本說明書中，「製程」可以指導致最終結果的一系列的一個或多個步驟。因此，製程可以是單步驟或多步驟製程。此外，一個製程

可以分為複數個子製程，其中，這樣的複數個子製程的各個子製程可以共用或不共用共同步驟。

【0019】在此，「步驟」可以指為實現預定結果而採取的措施。例如，「原子層沉積步驟」可以指製程的步驟，藉以通過原子層沉積而形成一個層。

【0020】再次如圖 1 中的虛線所示，方法 100 可以可選地包括在進行次級乾式蝕刻 150 的製程之前曝露基板的脊部 140。通常，在進行次級乾式蝕刻的製程之前曝露基板的脊部，可以促進形成閃耀光柵而無需後處理步驟，從而去除在進行次級乾式蝕刻的過程中釋放的部分基板。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括或可以不包括在進行次級乾式蝕刻的製程之前曝露基板的脊部。

【0021】此外，將第一材料沉積到凹槽中 130 的製程可以可選地包括原子層沉積 131 之步驟。通常，包括原子層沉積步驟的將第一材料沉積到凹槽中的製程可以有助於在更窄的凹槽中形成間隙特徵和/或形成具有增加的均勻性的間隙特徵。在其他實施例中，將第一材料沉積到凹槽中的製程可以包括也可以不包括原子層沉積步驟。

【0022】也如圖 1 的虛線所示，提供基板和圖案化遮罩層 110 的製程可以可選地包括在設置於基板上的塗層中提供複數個細長通孔 111，以形成遮罩層，該複數個細長通孔的延伸方向垂直於光柵橫截面。在其他實施例中，提供基板和圖案化遮罩層的製程可以包括或可以不包括在設置於基板上的塗層中提供複數個細長通孔以形成遮罩層。

【0023】在一實施例中，用於製造閃耀光柵的方法包括實施與圖 1 的實施例的方法 100 的製程相對應的製程的步驟。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括實施與圖 1 的實施例的方法 100 的非可選製程相對應的製程的步驟。一般而言，用於製造閃耀光柵的方法可以包括與圖 1 的實施例的方法 100 相關的未在本文中公開的任何數量的附加製程或步驟。

【0024】實現與圖 1 實施例的方法 100 的任一製程對應的製程的閃耀光柵製造方法的步驟不需要以固定順序執行。然而，實施與方法 100 的提供基板和圖案化遮罩層 110 的製程對應的製程的任何步驟通常可以在實施與進行初級乾式蝕刻 120 和進行次級乾式蝕刻 150 中的任何製程對應的任何製程的步驟之前執行；實施與方法 100 的形成在基板中延伸的凹槽 124 的製程相對應的製程的任何步驟通常可以在實施與將第一材料沉積到凹槽中 130 的製程相對應的任何製程的步驟之前執行；且實施與方法 100 的將第一材料沉積到凹槽中 130 的製程相對應的製程的任何步驟通常可以在實施與利用間隙特徵作為蝕刻終止 154 的製程相對應的任何製程的步驟之前執行。

【0025】圖 2A 至 2E 在整個說明書中統稱為圖 2，其示意性地繪示用於製造閃耀光柵 200 的方法的一系列後續階段。閃耀光柵 200 包括凸脊 210，凸脊 210 具有面向閃耀面方向 212 的閃耀面 211 和面向防閃耀面方向 214 的防閃耀面 213，根據一實施例，閃耀面方向 212 和防閃耀面 213 沿著光柵橫截面 215 延伸。在圖 2 中，光柵橫截面 215 垂直於圖 2A 至 2E

的圖式的平面延伸。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括與圖 2 的實施例的方法階段相似或不同的一系列階段。

【0026】圖 2 的實施例可以依據參照和/或結合圖 1 所揭露的任何實施例。附加地或替代地，雖然在下文中沒有明確說明，但圖 2 的實施例通常可以包括參照和/或結合圖 1 所揭露的任何實施例的任何特徵。

【0027】參照圖 2E，閃耀光柵 200 包括複數個凸脊 210，該複數個凸脊 210 中的每一凸脊具有面向閃耀面方向 212 的閃耀面 211 和面向防閃耀面方向 214 的防閃耀面 213。在其他實施例中，閃耀光柵可以包括至少一個這樣的凸脊或複數個這樣的凸脊，即至少兩個這樣的凸脊。

【0028】參照圖 2A 和 2B，該方法包括提供基板 220 和在基板 220 上的圖案化遮罩層 230。提供基板 220 和圖案化遮罩層 230 的製程包括在基板 220 上提供塗層 232 和在塗層 232 中提供複數個細長通孔 231 以形成遮罩層 230。該複數個細長通孔 231 垂直於光柵橫截面 215 延伸。

【0029】圖 2 的實施例的基板 220 可以由高折射率聚合物材料形成，且基板 220 之形成可使用任何合適的應用方法，例如旋塗(spin coating)、噴塗(spray coating)和/或噴墨印刷(inkjet printing)。在其他實施例中，基板可以包括任何合適的材料，且可以使用任何合適的製程形成基板。

【0030】圖 2 之實施例的遮罩層 230 可以由通過電子束蒸發而沉積的氧化鋁(AlO_2)形成。在其他實施例中，遮罩層可以包括任何合適的材料，例如無機材料，包括氧化物和/或氮化物材料，例如氧化鋁($\text{AlO}_2/\text{AlO}_x$)、氧化鈦($\text{TiO}_2/\text{TiO}_2$)、氧化矽($\text{SiO}_2/\text{SiO}_x$)和/或氮化矽($\text{Si}_2\text{N}_3/\text{SiN}_x$)，遮罩層可以使用任何合適的製程形成，例如濺鍍(sputtering)、蒸發、化學氣相沉積

(Chemical Vapor Deposition, CVD)、電漿增強化學氣相沉積(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)、電感耦合電漿化學氣相沉積(Inductively Coupled Plasma Chemical Vapor Deposition, ICP-CVD)、原子層沉積(Atomic Layer Deposition, ALD)和/或上述沉積方法之變體。

【0031】圖 2 之實施例的方法可以構成用於製造閃耀光柵的方法的示例，由此在波導的表面上形成用於將光耦合入該波導和/或耦合出該波導的閃耀光柵。因此，基板 220 可以設置在波導 270 的表面 271 上。在其他實施例中，可以形成用於任何合適應用中的任何合適用途的閃耀光柵，例如，可用在波導之表面上，以將光耦合入該波導和/或耦合出該波導。

【0032】當基板 220 被設置在波導 270 的表面 271 上時，圖 2 之實施例的閃耀光柵 200 被形成為設置在波導 270 上的附加材料層。在其他實施例中，其中，閃耀光柵係形成在波導的表面上，用於將光耦合入該波導和/或耦合出該波導，所述閃耀光柵可以設置在或可以不設置在這樣的附加材料層上。在一些這樣的實施例中，閃耀光柵可以直接形成在波導中。

【0033】在本揭露中，「波導」可以指光波導。附加地或替代地，波導可以指二維波導，其中，光可以被侷限於沿著所述波導的厚度方向。

【0034】此外，波導的「表面」可以指所述波導的可從某個觀察方向觀察到或面向某個觀察方向的表面的一部分。附加地或替代地，波導的表面可以指適合或配置為藉由全內反射(total internal reflection)將光限制在所述波導中的表面。

【0035】參照圖 2C，該方法包括進行基板 220 的初級乾式蝕刻，以使在圖中用白點繪示的初級離子 121 朝向初級蝕刻方向 122 加速以撞擊基板 220。

【0036】在圖 2 的實施例中，初級蝕刻方向 122 在光柵橫截面 215 上的初級投影 123 垂直於防閃耀面方向 214 延伸。在其他實施例中，初級蝕刻方向在光柵橫截面上的初級投影可以垂直於閃耀面方向或防閃耀面方向延伸。

【0037】圖 2 之實施例的進行初級乾式蝕刻的製程包括形成沿初級蝕刻方向 122 在基板 220 中延伸的凹槽 240。在其他實施例中，進行初級乾式蝕刻的製程可以包括或可以不包括形成這樣的凹槽。

【0038】如圖 2B 和 2C 所示，基板和遮罩層之間的界面 222 沿著基準平面 260 延伸，並且初級投影 123 垂直於基準平面 260 延伸。基準平面 260 垂直於光柵橫截面 215 延伸。通常，垂直於基準平面延伸的初級投影或次級投影有助於形成具有直立防閃耀面的閃耀光柵，這可以提高繞射效率。在其他實施例中，初級投影或次級投影可以垂直於基準平面延伸，也可以不垂直於基準平面延伸。

【0039】在此，「基準平面」可以指基板和遮罩層之間的界面沿其延伸的虛構平面。基準平面可以是平坦的，例如在平坦界面的情況下，或彎曲的，例如在彎曲界面的情況下。

【0040】在圖 2 的實施例中，初級蝕刻方向 122 可以平行於光柵橫截面 215 延伸。因此，初級蝕刻方向 122 可以垂直於基準平面 260 延伸。通常，垂直於基準平面延伸的初級蝕刻方向或次級蝕刻方向可以促進更廣泛

的乾式蝕刻技術的應用，包括反應離子蝕刻 (RIE) 和離子銑削。在其他實施例中，初級蝕刻方向或次級蝕刻方向可以垂直於基準平面延伸，也可以不垂直於基準平面延伸。例如，在一些實施例中，初級投影和次級投影中的每一個都可以相對於基準平面斜向延伸。一般而言，相對於基準平面斜向延伸的初級投影和次級投影可以促使形成具有傾斜的防閃耀面的閃耀光柵，例如，這有助於閃耀光柵的空間調變繞射效率(spatially modulating diffraction efficiency)。

【0041】由於初級蝕刻方向 122 可以垂直於基準平面 260 延伸，因此進行圖 2 之實施例的初級乾式蝕刻的製程可以包括 RIE 步驟。在 RIE 步驟期間，可以蝕刻基板 220，例如使用氧電漿蝕刻。在其他初級蝕刻方向或次級蝕刻方向垂直於基準平面延伸的實施例中，進行初級乾式蝕刻的製程可以包括任何合適的步驟，例如 RIE 步驟和/或離子銑削步驟。

【0042】參照圖 2D，該方法包括進行基板 220 的次級乾式蝕刻，以使在圖中用黑點繪示的次級離子 151 朝向次級蝕刻方向 152 加速，以撞擊基板 220。

【0043】在圖 2 的實施例中，次級蝕刻方向 152 在光柵橫截面 215 上的次級投影 153 垂直於閃耀面方向 212 延伸。在其他實施例中，次級蝕刻方向在光柵橫截面上的次級投影可以垂直於閃耀面方向或防閃耀面方向延伸。

【0044】在圖 2 的實施例中，次級離子 151 被準直以形成準直次級離子束以用於蝕刻基板 220。在其他實施例中，初級離子和/或次級離子可以被準直以形成準直初級離子束和/或準直次級離子束，用於蝕刻基板。

【0045】圖 2 之實施例的進行次級乾式蝕刻的製程可以包括 RIBE 步驟。在這樣的 RIBE 步驟期間，可以蝕刻基板 220，例如，使用氧離子蝕刻。在其他實施例中，可進行乾式蝕刻的製程，其中，離子被朝向其在光柵橫截面上的投影垂直於閃耀面方向的方向加速，且所述離子被準直以形成準直離子束，用於蝕刻基板，該製程可以包括任何合適的步驟，例如 IBE 和/或 RIBE 步驟。

【0046】參照圖 2E，該方法進一步包括後處理步驟，藉此去除在進行次級乾式蝕刻的過程中釋放的部分基板 220，以形成該複數個凸脊 210。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括也可以不包括這樣的後處理步驟。

【0047】圖 2 之實施例的後處理步驟可實施為濕式清潔步驟，例如水浸步驟。在其他實施例中，其中，用於製造閃耀光柵的方法包括後處理步驟，藉此去除在進行次級乾式蝕刻的製程期間釋放的部分基板，以形成一個或多個凸脊，該後處理步驟可用任何合適的方式實施，例如實施為濕式清潔步驟，例如水浸步驟。

【0048】在圖 2 的實施例中，在初級蝕刻條件下（即，在進行初級乾式蝕刻的過程中），初級離子 121 可以表現出與遮罩層 230 的第一初級化學反應性(chemical reactivity)和高於第一初級化學反應性的與基板 220 的第二初級化學反應性。此外，在次級蝕刻條件下（即，在進行次級乾式蝕刻的過程中），次級離子 151 可以表現出與遮罩層 230 的第一次級化學反應性和高於第一次級化學反應性的與基板 220 的第二次級化學反應性。通常，利用這種反應性離子蝕刻基板可以增加乾式蝕刻製程的選擇性，而這可以

促進製造具有更銳利、更不圓潤的特徵的閃耀光柵。利用這種反應性離子的乾式蝕刻技術的範例包括 RIE、DRIE、ICP-RIE、RIBE 及其變體。在其他實施例中，初級離子在初級蝕刻條件下可以表現出也可以不表現出與遮罩層的第一初級化學反應性和高於第一初級化學反應性的與基板的第二初級化學反應性，及/或次級離子在次級蝕刻條件下可以表現出也可以不表現出與遮罩層的第一次級化學反應性和高於第一次級化學反應性的與基板的第二次級化學反應性。

【0049】圖 3A 至 3H 在本說明書中統稱為圖 3。圖 3 示意性地繪示用於製造閃耀光柵 200 的方法的一系列後續階段，閃耀光柵 200 包括凸脊 210，凸脊 210 具有面向閃耀面方向 212 的閃耀面 211 和面向防閃耀面方向 214 的防閃耀面 213。根據一實施例，閃耀面方向 212 和防閃耀面 213 沿著光柵橫截面 215 延伸。在圖 3 中，光柵橫截面 215 垂直於圖 3A 至 3H 的圖面延伸。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括與圖 3 之實施例的方法的階段相似或不同的一系列階段。

【0050】圖 3 的實施例可以依據參照和/或結合圖 1 和圖 2 中任一者所揭露的任何實施例。附加地或替代地，雖然在下文中沒有明確說明，但圖 3 的實施例通常可以包括參照和/或結合圖 1 和圖 2 中任一者所揭露的任何實施例的任何合適特徵。

【0051】參照圖 3A 至 3C，該方法包括提供基板 220 和在基板 220 上的圖案化遮罩層 230，包括在基板 220 上提供塗層 232 並在塗層 232 中提供複數個細長通孔 231 以形成遮罩層 230，以及進行基板 220 的初級乾式

蝕刻，以使在圖中用白點標示的初級離子 121 朝向初級蝕刻方向 122 加速以撞擊基板 220。

【0052】在圖 3 的實施例中，初級蝕刻方向 122 在光柵橫截面 215 上的初級投影 123 垂直於防閃耀面方向 214 延伸。此外，圖 3 之實施例的進行初級乾式蝕刻的製程包括形成沿著初級蝕刻方向 122 在基板 220 中延伸的凹槽 240。

【0053】提供基板和圖案化遮罩層以及進行圖 3 之實施例的初級乾式蝕刻的製程可以根據上述參照圖 2 的揭露內容而實施，為了簡潔起見，這裡省略了這些製程的進一步細節。

【0054】參照圖 3D 和 3E，該方法包括將第一材料 250 沉積到凹槽 240 中以形成間隙特徵 251，並且在將第一材料 250 沉積到凹槽 240 中的製程之前，去除圖案化遮罩層 230。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括也可以不包括將第一材料沉積到凹槽中以形成間隙特徵的步驟。在用於製造閃耀光柵的方法包括將第一材料沉積到凹槽中以形成間隙特徵的步驟的實施例中，該方法可以包括也可以不包括在將第一材料沉積到凹槽中的製程之前去除圖案化遮罩層。

【0055】圖 3 之實施例的第一材料 250 可以是使用電漿增強化學氣相沉積(Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition, PECVD)而沉積的氧化鋁(AlO_2 或 AlO_x)。在其他實施例中，遮罩層可以包括用任何合適的製程形成的任何合適的材料，例如氧化物或氮化物材料，例如氧化鋁($\text{AlO}_2/\text{AlO}_x$)、氧化鈦($\text{TiO}_2/\text{TiO}_2$)、氧化矽($\text{SiO}_2/\text{SiO}_x$)或氮化矽($\text{Si}_2\text{N}_3/\text{SiN}_x$)，或以上化合物的混合物。該第一材料通常可以使用任何合適

的沉積方法沉積，例如濺鍍(sputtering)、蒸發、化學氣相沉積(Chemical Vapor Deposition, CVD)、PECVD、電感耦合電漿化學氣相沉積(Inductively Coupled Plasma Chemical Vapor Deposition, ICP-CVD)、原子層沉積(Atomic Layer Deposition, ALD)和/或上述沉積方法之變體。

【0056】 參照圖 3F，該方法包括在進行次級乾式蝕刻的製程之前曝露基板 220 的脊部 221。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括也可以不包括在進行次級乾式蝕刻的製程之前曝露基板的脊部。

【0057】 在圖 3 的實施例中，曝露基板 220 的脊部 221 的製程可包括額外的乾式蝕刻步驟。易言之，可以使用乾式蝕刻方法蝕刻覆蓋脊部 221 的第一材料 250 的至少一部分。在用於製造閃耀光柵的方法包括曝露基板的脊部的其他實施例中，所述曝露脊部的製程可以用任何合適的方式實施。

【0058】 參照圖 3G，該方法包括進行基板 220 的次級乾式蝕刻，以使在圖中用黑點標示的次級離子 151 朝向次級蝕刻方向 152 加速以撞擊基板 220。次級離子 151 被準直以形成用於蝕刻基板 220 的準直次級離子束。

【0059】 在圖 3 的實施例中，進行次級乾式蝕刻的製程包括利用間隙特徵 251 作為蝕刻終止。在其他實施例中，進行次級乾式蝕刻的製程可以包括也可以不包括利用間隙特徵作為蝕刻終止。

【0060】 在圖 3 的實施例中，間隙特徵 251 從脊部 221 朝向防閃耀面方向 214 設置。在其他實施例中，間隙特徵可以從脊部朝向閃耀面方向或朝向防閃耀面方向設置。在其他實施例中，若次級蝕刻方向在光柵橫截面上的次級投影垂直於閃耀面方向和防閃耀面方向中之一者延伸，則間隙特徵可以從脊部開始朝向閃耀面方向和防閃耀面方向中之另一者設置。

【0061】參照圖 3H，該方法進一步包括後處理步驟，藉此去除間隙特徵 251。例如，這樣的步驟可以實施為濕式蝕刻步驟。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括也可以不包括這樣的後處理步驟。

【0062】圖 4A 至 4F 在本說明書中統稱為圖 4，圖 4 示意性地繪示用於製造閃耀光柵 200 的方法的一系列後續階段，閃耀光柵 200 包括凸脊 210，凸脊 210 具有面向閃耀面方向 212 的閃耀面 211 和面向防閃耀面方向 214 的防閃耀面 213，根據一實施例，閃耀面方向 212 和防閃耀面 213 沿著光柵橫截面 215 延伸。在圖 4 中，光柵橫截面 215 垂直於圖 4A 至 4F 的圖面延伸。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括與圖 4 之實施例的方法的階段相似或不同的一系列階段。

【0063】圖 4 的實施例可以依據參照和/或結合圖 1 至圖 3 中任一者所揭露的任何實施例。附加地或替代地，雖然在下文中沒有明確說明，但圖 4 的實施例通常可以包括參照和/或結合圖 1 至圖 3 中任一者所揭露的任何實施例的任何特徵。

【0064】參照圖 4A，該方法包括提供基板 220 和在基板 220 上的圖案化遮罩層 230。圖 2 之實施例的方法可以構成用於製造閃耀光柵的方法的範例，藉此在奈米印模(nanoimprint stamp)的接觸面上形成閃耀光柵。如此，圖 2 之實施例的基板 220 可以是具有接觸面 281 的奈米印模 280。

【0065】在圖 4 的實施例中，奈米印模 280 可以由單晶矽形成。在其他實施例中，奈米印模可以由任何合適的材料形成，或包括任何合適的材料。例如，在一些實施例中，奈米印模可以包括由不同材料形成的複數個堆疊層。

【0066】如圖 4A 所示，基板 220 和遮罩層 230 之間的界面 222 沿著垂直於光柵橫截面 215 延伸的基準平面 260 延伸。

【0067】參照圖 4B，該方法進行基板 220 的初級乾式蝕刻，以使在圖中用白點標示的初級離子 121 朝向初級蝕刻方向 122 加速以撞擊基板 220。在圖 4 之實施例中，初級離子 121 被準直以形成用於蝕刻基板 220 的準直初級離子束。在其他實施例中，初級離子可以被或可以不被準直，以形成用於蝕刻基板的準直初級離子束。

【0068】在圖 4 的實施例中，初級蝕刻方向 122 在光柵橫截面 215 上的初級投影 123 垂直於閃耀面方向 212 延伸。另外，圖 4 之實施例的進行初級乾式蝕刻的製程包括形成在基板 220 中沿初級蝕刻方向 122 延伸的凹槽 240。

【0069】參照圖 4C，該方法包括將第一材料 250 沉積到凹槽 240 中以形成間隙特徵 251。在其他實施例中，用於製造閃耀光柵的方法可以包括也可以不包括將第一材料沉積到凹槽中以形成間隙特徵。

【0070】在圖 4 的實施例中，將第一材料 250 沉積到凹槽 240 中的製程包括原子層沉積步驟。易言之，沉積到凹槽 240 中的第一材料 250 的至少一部分是使用原子層沉積法沉積的。圖 3 之實施例的第一材料 250 可以是氧化鋁(AlO_2 或 AlO_x)。在其他實施例中，若將第一材料沉積到凹槽中的製程包括原子層沉積步驟，則可以使用任何合適類型的第一材料。

【0071】參照圖 4D，該方法包括在進行次級乾式蝕刻的製程之前曝露基板 220 的脊部 221。例如，在圖 4 的實施例中，曝露基板 220 的脊部 221

的製程可以包括用於去除遮罩層 230 和覆蓋脊部 221 的第一材料 250 的剝離(lift-off)步驟。

【0072】 參照圖 4E，該方法包括進行基板 220 的次級乾式蝕刻，以使在圖中用黑點標示的次級離子 151 朝向次級蝕刻方向 152 加速以撞擊基板 220。進行次級乾式蝕刻的製程包括利用間隙特徵 251 作為蝕刻終止。間隙特徵 251 從脊部 221 朝向閃耀面方向 212 設置。

【0073】 在圖 4 的實施例中，次級蝕刻方向 152 可以平行於光柵橫截面 215 延伸。因此，次級蝕刻方向 152 可以垂直於基準平面 260 延伸。由於次級蝕刻方向 152 可以垂直於基準平面 260 延伸，進行圖 4 之實施例的初級乾式蝕刻的製程可以包括 RIE 步驟。

【0074】 最後，參照圖 3F，該方法進一步包括後處理步驟，由此去除間隙特徵 251，例如通過濕式蝕刻去除間隙特徵 251。

【0075】 應當理解，上述實施例可以相互結合使用。幾個實施例可以組合在一起以形成另一個實施例。

【0076】 對於在本技術領域中具有通常知識者顯而易見的是，隨著技術進步，本發明的基本思想可以用各種方式實施。因此，本發明及其實施例不限於上述示例，而是可以在請求項的範圍內變化。

【0077】 上述任何益處和優點可以關聯一個實施例，或者可以關聯多個實施例。實施例不限於解決任何或所有所述問題或具有任何或所有所述益處和優點的實施例。

【0078】用語「包括」在本說明書中用於表示包括其後的特徵或動作，但不排除一個或多個附加特徵或動作的存在。應當進一步理解的是，提及「一」項目是指該等項目中的一個或多個。

【符號說明】

【0079】

100:方法

110:提供基板與圖案化遮罩層

111:在塗層中提供複數個細長通孔

120:進行初級乾式蝕刻

121:初級離子

122:初級蝕刻方向

123:初級投影

124:形成在基板中延伸的凹槽

130:將第一材料沉積到凹槽中

131:原子層沉積

140:曝露脊部

150:進行次級乾式蝕刻

151:次級離子

152:次級蝕刻方向

153:次級投影

154:利用間隙特徵作為蝕刻終止

200:閃耀光柵

210:凸脊

211:閃耀面

212:閃耀面方向

213:防閃耀面

214:防閃耀面方向

215:光柵橫截面

220:基板

221:脊部

222:界面

230:遮罩層、圖案化遮罩層

231:通孔

232:塗層

240:凹槽

250:第一材料

251:間隙特徵

260:基準平面

270:波導

271:表面

280:奈米印模

281:接觸面

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種閃耀光柵之製造方法(100)，該閃耀光柵包括凸脊，該凸脊具有面向閃耀面方向的閃耀面和面向防閃耀面方向的防閃耀面，該閃耀面方向和該防閃耀面方向沿光柵橫截面延伸，該方法包括：

提供基板和在該基板上的圖案化遮罩層(110)；

進行該基板的初級乾式蝕刻(120)，以使初級離子朝向初級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上；以及

進行該基板的次級乾式蝕刻(150)，以使次級離子朝向次級蝕刻方向加速以撞擊在該基板上；

其中，該初級蝕刻方向在該光柵橫截面上的初級投影和該次級蝕刻方向在該光柵橫截面上的次級投影分別垂直於該閃耀面方向和該防閃耀面方向中的一者和另一者延伸，且被朝向一方向加速的離子被準直以形成用於蝕刻該基板的準直離子束，該方向在該光柵橫截面上的投影係垂直於該閃耀面方向。

【請求項2】 如請求項 1 所述之方法(100)，其中，進行初級乾式蝕刻(120)的該步驟包括形成沿該初級蝕刻方向在該基板(124)中延伸的凹槽，該方法(100)包括將第一材料沉積到該凹槽(130)中以形成間隙特徵，且進行次級乾式蝕刻(150)的該步驟包括利用該間隙特徵作為蝕刻終止(154)。

【請求項3】 如請求項 2 所述之方法(100)，其中，該方法(100)包括在進行次級乾式蝕刻(150)的該步驟之前曝露該基板的脊部(140)。

【請求項4】 如請求項 2 或 3 所述之方法(100)，其中，將第一材料沉積到該凹槽(130)中的該步驟包括原子層沉積(131)步驟。

【請求項5】如請求項 1 至 4 中任一項所述之方法(100)，其中，該基板與該遮罩層之間的界面沿基準平面延伸，且該初級投影或該次級投影垂直於該基準平面延伸。

【請求項6】如請求項 5 所述之方法(100)，其中，該初級蝕刻方向或該次級蝕刻方向垂直於該基準平面延伸。

【請求項7】如請求項 1 至 4 中任一項所述之方法(100)，其中，該基板與該遮罩層之間的界面沿基準平面延伸，且該初級投影與該次級投影相對於該基準平面斜向延伸。

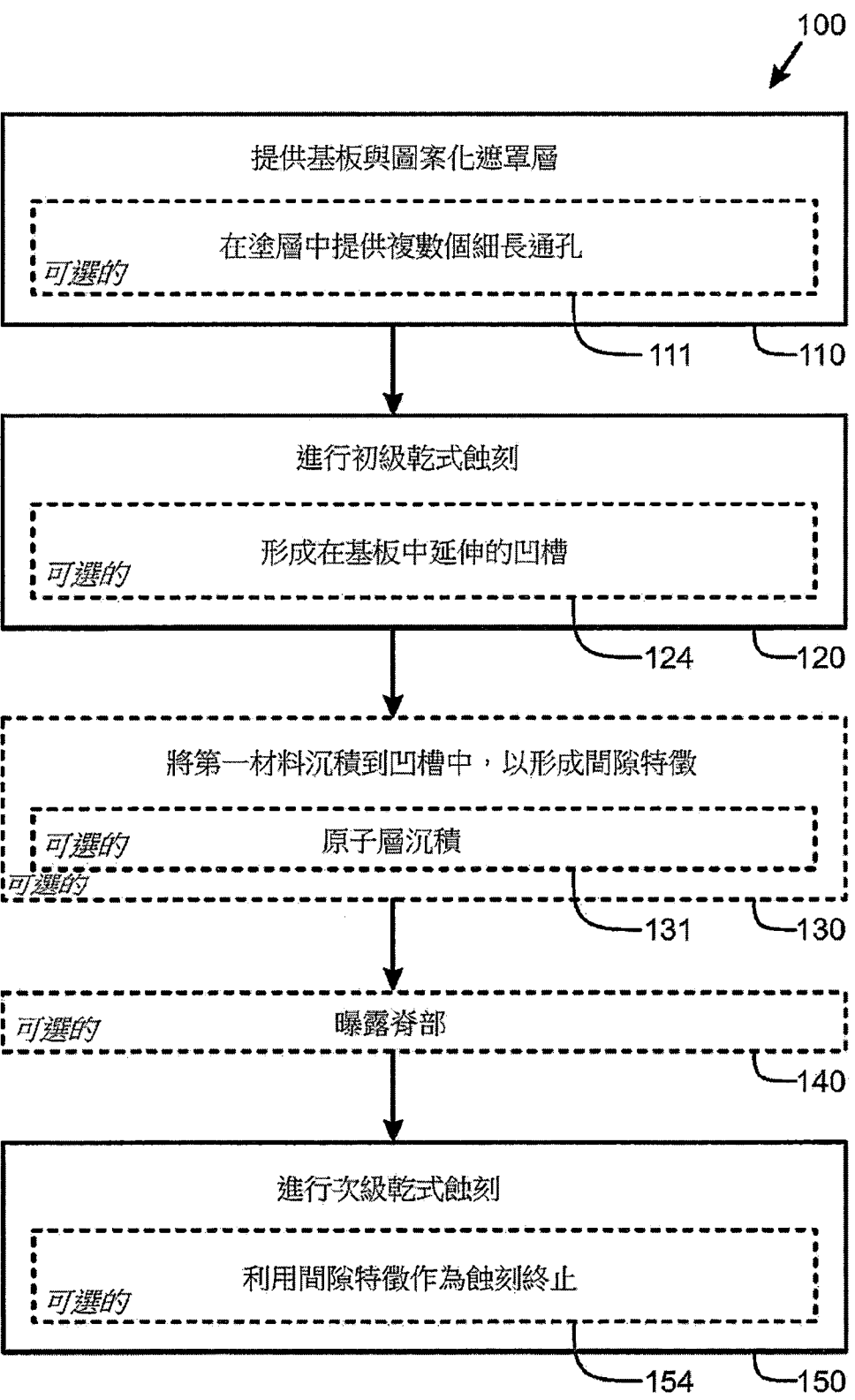
【請求項8】如請求項 1 至 7 中任一項所述之方法(100)，其中，提供基板與圖案化遮罩層(110)的該步驟包括在設置在該基板上的塗層(111)中提供複數個細長通孔以形成該遮罩層，該複數個細長通孔垂直於該光柵橫截面延伸。

【請求項9】如請求項 1 至 8 中任一項所述之方法(100)，其中，在初級蝕刻條件下，該等初級離子表現出與該遮罩層的第一初級化學反應性和高於該第一初級化學反應性的與該基板的第二初級化學反應性，和/或在次級蝕刻條件下，該等次級離子表現出與該遮罩層的第一次級化學反應性和高於該第一次級化學反應性的與該基板的第二次級化學反應性。

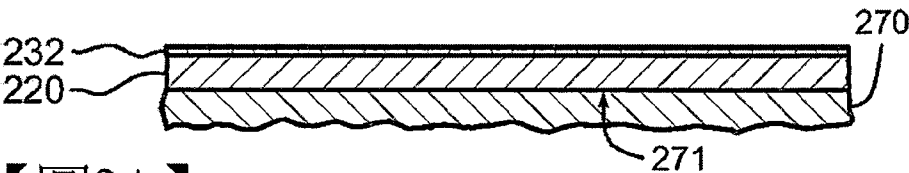
【請求項10】如請求項 1 至 9 中任一項所述之方法(100)，藉此，該閃耀光柵形成在波導的表面上，以將光耦合入該波導和/或耦合出該波導。

【請求項11】如請求項 1 至 9 中任一項所述之方法(100)，藉此，該閃耀光柵形成在奈米印模的接觸面上。

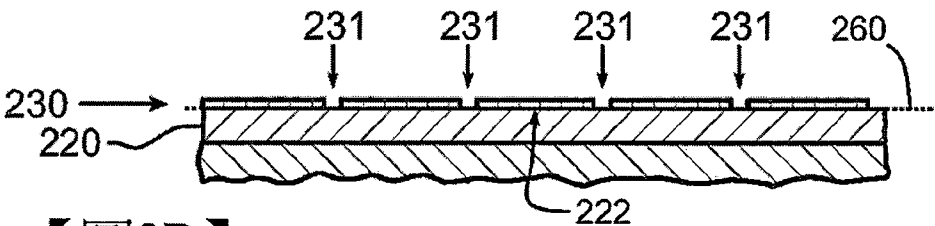
【發明圖式】



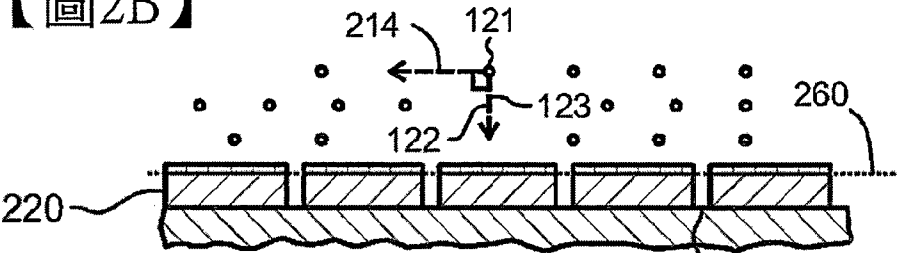
【圖1】



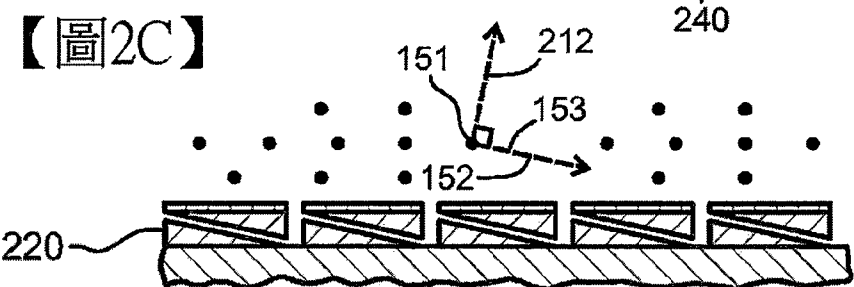
【圖2A】



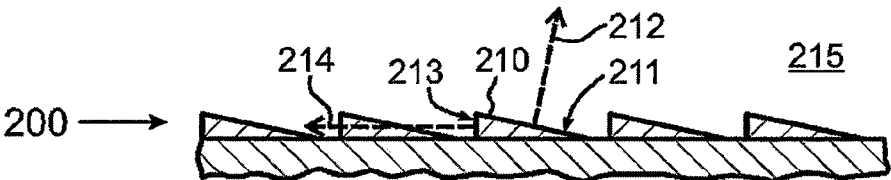
【圖2B】



【圖2C】



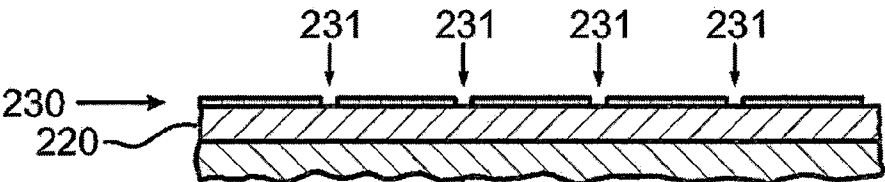
【圖2D】



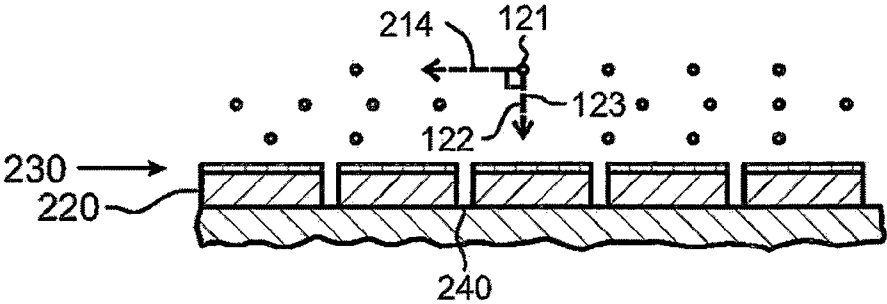
【圖2E】



【圖3A】



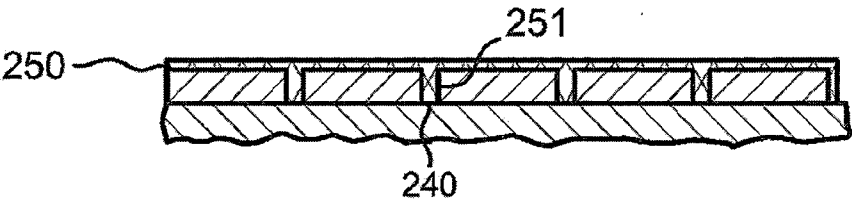
【圖3B】



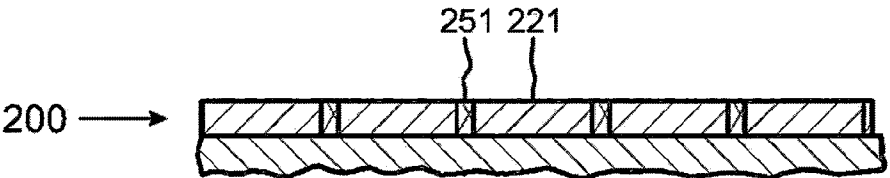
【圖3C】



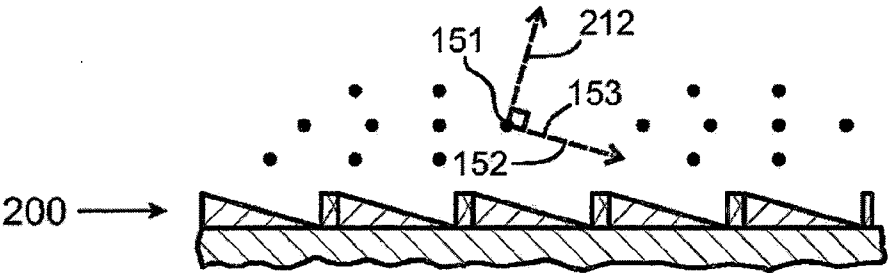
【圖3D】



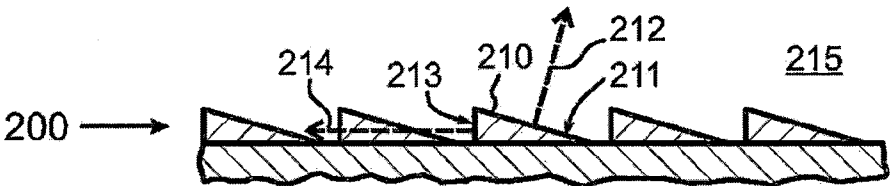
【圖3E】



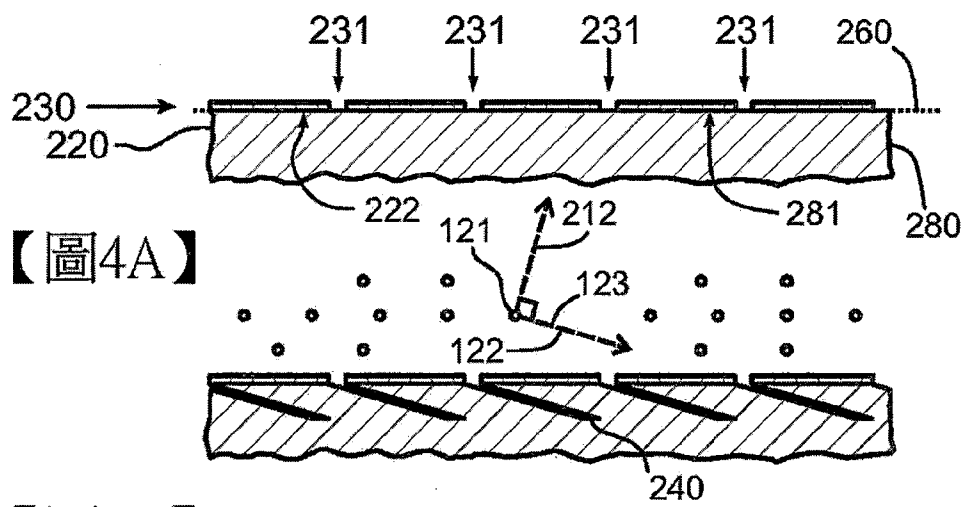
【圖3F】



【圖3G】

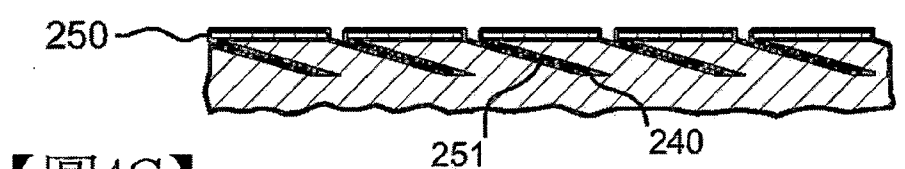


【圖3H】

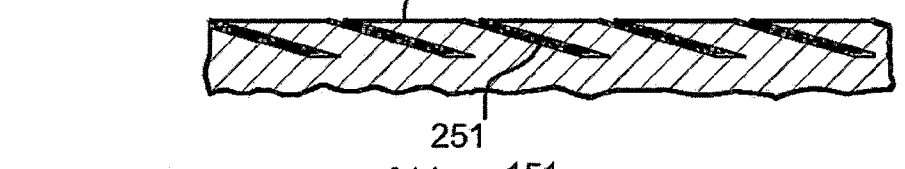


【圖4A】

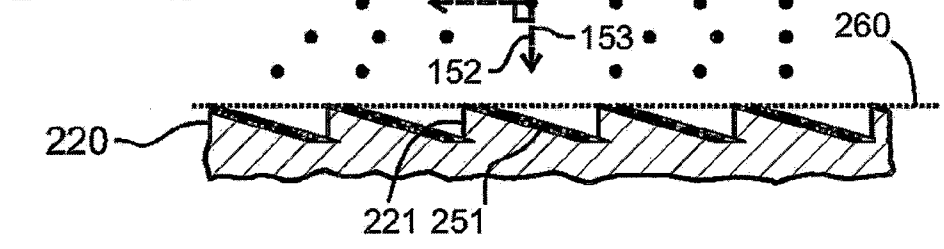
【圖4B】



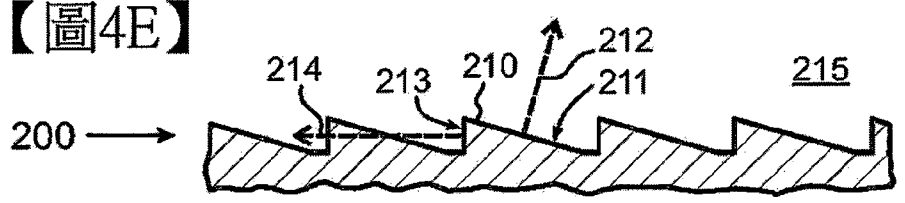
【圖4C】



【圖4D】



【圖4E】



【圖4F】