



(21)申請案號：113125476 (22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 13 日

(51)Int. Cl. : G03F1/22 (2012.01) G03F7/20 (2006.01)

(30)優先權：2021/12/14 德國 10 2021 214 310.5
 2021/12/14 德國 10 2021 214 318.0
 2022/04/08 德國 10 2022 203 593.3

(71)申請人：德商卡爾蔡司 S M T 有限公司 (德國) CARL ZEISS SMT GMBH (DE)
 德國

(72)發明人：烏爾斯沛杰 托比亞斯 ULLSPERGER, TOBIAS (DE)；諾特 史蒂芬 NOLTE, STEFAN (DE)；葛里森 克里斯欽 GLEASON, CRISTIAN (DE)；克諾爾 索倫 KNORR, SOEREN (DE)；孟茲 湯瑪士 MONZ, THOMAS (DE)；艾斯爾特 斯特凡 XALTER, STEFAN (DE)；克拉斯納 麥可 KLASNA, MICHAEL (DE)；查塞克 克里斯多夫 ZACZEK, CHRISTOPH (DE)

(74)代理人：李宗德

(56)參考文獻：

TW	I509366B	TW	202045960A
DE	102018202687A1	US	2011/0051267A1
US	2020/0379281A1	US	2021/0114101A1
WO	2021/115643A1		

審查人員：黃彥豪

申請專利範圍項數：14 項 圖式數：15 共 84 頁

(54)名稱

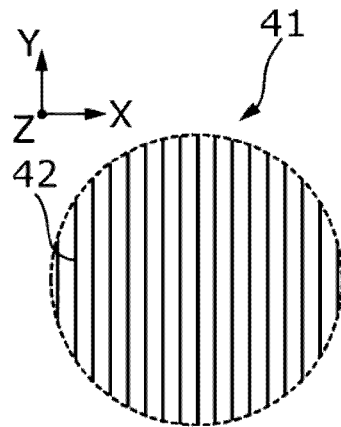
鏡子及 EUV 微影系統

(57)摘要

本發明揭露一用於在鏡子基板形式的工件 (25) 中產生中空結構 (28) 的方法，特別是用於 EUV 鏡 (M4)，利用脈衝雷射輻射 (35) 進行材料去除製程，該方法包含：將該脈衝雷射輻射 (35) 輻射進入工件 (25)，其形成於對來自輻射入射側 (27) 的脈衝雷射輻射 (35) 透通的材料、將脈衝雷射輻射 (35) 聚焦至焦點區域 (39)、藉由沿著移動圖案 (41) 移動焦點區域 (39) 形成用於工件 (25) 的材料區域去除的去除前置件 (46)，以和藉由在工件 (25) 中移動該去除前置件 (46) 產生中空結構 (28)，其中在產生中空結構 (28) 的過程中，至少間歇性形成沒有垂直對齊在工件 (25) 的輻射入射側 (27) 處的脈衝雷射輻射 (35) 的入射輻射方向 (Z) 的去除前置件 (46)，並且其中該中空結構產生為可供流體流經的通道形式。本發明也有關於一種在用於鏡子 (M4) 的基板 (25) 形式的工件 (25) 中產生通道 (28) 的方法，其中利用脈衝雷射輻射 (35) 的材料去除製程產生通道 (28)，並且在產生通道 (28) 的過程中，流體供應裝置 (50) 至少部分引入通道 (28)。本發明也包含一種用於執行該方法的裝置和一種鏡子，特別是 EUV 鏡、EUV 微影系統、流體供應裝置和供應流體的方法。

The invention relates to a method for producing a hollow structure (28) in a workpiece (25) in the form of a substrate for a mirror, in particular for an EUV mirror (M4), by way of material-removing processing by means of pulsed laser radiation (35), comprising: radiating the pulsed laser radiation (35) into the workpiece (25) which is formed from a material transparent to the pulsed laser radiation (35) from a radiation entrance side (27), focusing the pulsed laser radiation (35) into a focal region (39), forming a removal front (46) for the areal removal of material of the workpiece (25) by moving the focal region (39) along a movement pattern (41), and producing the hollow structure (28) by moving the removal front (46) within the workpiece (25), wherein a removal front (46) that is not aligned perpendicular to an incoming radiation direction (Z) of the pulsed laser radiation (35) at the radiation entrance side (27) of the workpiece (25) is formed at least intermittently during the production of the hollow structure (28) and wherein the hollow structure is produced in the form of a channel through which a fluid is able to flow. The invention also relates to a method for producing a channel (28) in a workpiece (25) in the form of a substrate (25) for a mirror (M4), with the channel (28) being produced by material-removing processing by means of pulsed laser radiation (35), and a fluid feed (50) being at least partially introduced into the channel (28) during the production of the channel (28). The invention also comprises an apparatus for carrying out the method and to a mirror, in particular an EUV mirror, an EUV lithography system, a fluid feed apparatus and a method for feeding a fluid.

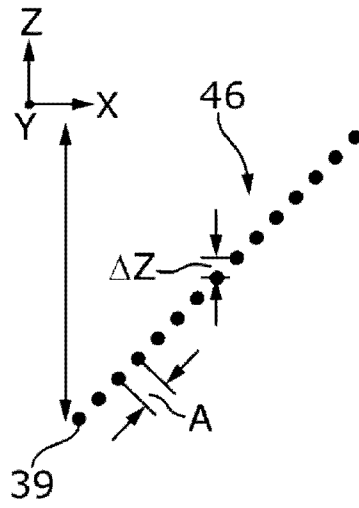
指定代表圖：



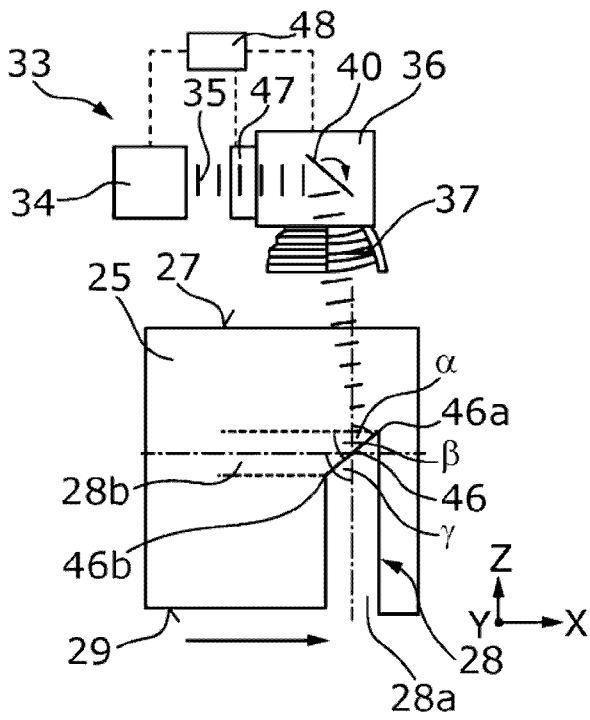
【圖4a】

符號簡單說明：

- 25:工件/基板
- 27:輻射入射側
- 28:連續中空結構
- 28a:段
- 28b:段
- 29:後側
- 34:雷射源
- 35:脈衝雷射輻射
- 36:掃描光學單元
- 37:聚焦裝置
- 39:焦點區域
- 40:鏡式檢流計
- 41:圖案
- 42:軌跡
- 46:去除前置件
- 46b:邊緣
- 47:焦點偏移裝置
- 48:控制裝置
- A:距離
- ΔZ :偏移值
- α :角度
- β :角度
- γ :角度



【圖4b】



【圖4c】



I889440

【發明摘要】**【中文發明名稱】** 鏡子及EUV微影系統**【英文發明名稱】** MIRROR AND EUV LITHOGRAPHY SYSTEM**【中文】**

本發明揭露一用於在鏡子基板形式的工件（25）中產生中空結構（28）的方法，特別是用於EUV鏡（M4），利用脈衝雷射輻射（35）進行材料去除製程，該方法包含：將該脈衝雷射輻射（35）輻射進入工件（25），其形成於對來自輻射入射側（27）的脈衝雷射輻射（35）透通的材料、將脈衝雷射輻射（35）聚焦至焦點區域（39）、藉由沿著移動圖案（41）移動焦點區域（39）形成用於工件（25）的材料區域去除的去除前置件（46），以和藉由在工件（25）中移動該去除前置件（46）產生中空結構（28），其中在產生中空結構（28）的過程中，至少間歇性形成沒有垂直對齊在工件（25）的輻射入射側（27）處的脈衝雷射輻射（35）的入射輻射方向（Z）的去除前置件（46），並且其中該中空結構產生為可供流體流經的通道形式。本發明也有關於一種在用於鏡子（M4）的基板（25）形式的工件（25）中產生通道（28）的方法，其中利用脈衝雷射輻射（35）的材料去除製程產生通道（28），並且在產生通道（28）的過程中，流體供應裝置（50）至少部分引入通道（28）。本發明也包含一種用於執行該方法的裝置和一種鏡子，特別是EUV鏡、EUV微影系統、流體供應裝置和供應流體的方法。

【英文】

The invention relates to a method for producing a hollow structure (28) in a workpiece (25) in the form of a substrate for a mirror, in particular for an EUV mirror

(M4), by way of material-removing processing by means of pulsed laser radiation (35), comprising: radiating the pulsed laser radiation (35) into the workpiece (25) which is formed from a material transparent to the pulsed laser radiation (35) from a radiation entrance side (27), focusing the pulsed laser radiation (35) into a focal region (39), forming a removal front (46) for the areal removal of material of the workpiece (25) by moving the focal region (39) along a movement pattern (41), and producing the hollow structure (28) by moving the removal front (46) within the workpiece (25), wherein a removal front (46) that is not aligned perpendicular to an incoming radiation direction (Z) of the pulsed laser radiation (35) at the radiation entrance side (27) of the workpiece (25) is formed at least intermittently during the production of the hollow structure (28) and wherein the hollow structure is produced in the form of a channel through which a fluid is able to flow. The invention also relates to a method for producing a channel (28) in a workpiece (25) in the form of a substrate (25) for a mirror (M4), with the channel (28) being produced by material-removing processing by means of pulsed laser radiation (35), and a fluid feed (50) being at least partially introduced into the channel (28) during the production of the channel (28). The invention also comprises an apparatus for carrying out the method and to a mirror, in particular an EUV mirror, an EUV lithography system, a fluid feed apparatus and a method for feeding a fluid.

【指定代表圖】 圖4a至圖4c

【代表圖之符號簡單說明】

25

工件/基板

27	輻射入射側
28	連續中空結構
28a	段
28b	段
29	後側
34	雷射源
35	脈衝雷射輻射
36	掃描光學單元
37	聚焦裝置
39	焦點區域
40	鏡式檢流計
41	圖案
42	軌跡
46	去除前置件
46b	邊緣
47	焦點偏移裝置
48	控制裝置
A	距離
ΔZ	偏移值
α	角度
β	角度
γ	角度

【發明說明書】

【中文發明名稱】 鏡子及EUV微影系統

【英文發明名稱】 MIRROR AND EUV LITHOGRAPHY SYSTEM

【技術領域】

【0001】 本發明有關一種用於在工件中產生至少一中空結構的方法，該工件優選為鏡子基板形式，特別是EUV鏡，利用脈衝雷射輻射進行的材料去除製程，包含：將脈衝雷射輻射從輻射入口側輻射到由對於脈衝雷射輻射透通的材料所形成的工件中，將脈衝雷射輻射聚焦到焦點區域中，利用沿移動圖案移動焦點區域來加工工件以形成用於材料區域去除的去除前置件，並藉由在工件內移動去除前置件來產生中空結構。本發明還有關一種用於在工件中產生通道形式的中空結構的方法，優選以用於鏡子、特別是EUV鏡的基板形式。本發明還有關一種鏡子，特別是EUV鏡，並且有關一種具有至少一此EUV鏡的EUV微影系統。

【0002】 此外，本發明有關一種用於在工件中產生至少一中空結構，特別是至少一通道的裝置，優選為用於鏡子，特別是用於EUV鏡的基板形式，包含：用於產生脈衝雷射輻射的雷射源，用於接收工件的載台，用於將雷射輻射聚焦到焦點區域中的聚焦裝置，以和設計用於將脈衝雷射輻射輻射到被載台接收的工件的輻射入射側上的掃描光學單元並移動焦點區域。

【0003】 本發明還有關一種流體供應裝置，用於利用雷射消融，特別是利用雷射消融從工件，優選從特別是用於EUV鏡的單晶基板上去除材料時，將流體供應到至少一去除前置件。本發明還有關一種用於將流體供應到至少一去除前置件的方法。

【0004】 為了本申請的目的，EUV微影系統被理解為是指可以用於EUV微影領域的光學系統。除了用於產生半導體組件的用於EUV微影的投影曝光裝置

之外，微影系統可例如是用於檢查在這投影曝光裝置中使用的光罩（以下也稱為倍縮光罩）的檢查系統、用於檢查待結構化的半導體基板（以下也稱為晶圓），或用於測量用於EUV微影的投影曝光裝置或其組件的計量系統，例如用於測量投影光學單元。

【先前技術】

【0005】 為了使要產生的半導體組件的結構寬度盡可能小，最先進的投影曝光裝置，也稱為EUV微影裝置，設計用於極紫外波長範圍內的工作波長，也稱為EUV波長範圍，也就是說大約5奈米至約30奈米。由於短波長輻射，也稱為EUV鏡的塗層鏡子被用於射束引導和聚焦，所述鏡子包括由具有非常低的熱膨脹係數的材料製成的基板。舉例來說，基板材料可為鈦摻雜熔融石英，其具有非常低的熱膨脹係數。產生曝光晶圓時的產生率在很大程度上取決於用於產生EUV輻射的EUV光源的功率。然而，入射到EUV鏡上的高輻射輻射功率導致所述EUV鏡上的熱負荷增加。儘管熱膨脹係數極小，但引入基板的熱量輸出會導致高精度鏡面的形狀偏差。而EUV鏡的主動冷卻可以滿足提高產生率，然而對於更強大EUV光源的需求也會隨之增加。

【0006】 藉由內部通道形式的容積冷卻提供了一種有效的方法，液體（例如水）流經該通道以冷卻基板；這就是為什麼這些通道在以下中也稱為冷卻通道的原因。液體能流經的通道形成在圓周方向上封閉的細長空腔，該空腔沒有分支點並且在通道的第一端和通道的第二端之間延伸。在一端處或兩端處，通道可以合併到位於基板容積中的額外中空結構中。在通道的一端或兩端處也可以向基板的外側開放。在這態樣的挑戰在於在基板容積內以冷卻通道形式實現中空結構，所述冷卻通道具有相對較大的直徑，大於約0.5 mm（毫米），通常為1 mm，並且在塗佈有反射EUV輻射的反射塗層的基板表面下方以通常不超過約10 mm的短距離延伸。

【0007】 為了供應和排出冷卻液體，通常需要配備冷卻通道，冷卻通道基本上平行對齊用於EUV輻射照射的鏡子表面，例如，具有傾斜的流動和返回通道，其可連接到基板背面。

【0008】 一種用於產生中空結構的方法在於使用雷射輻射進行材料加工。在這情況下，適合的高脈衝強度會損壞工件材料。諸如熔融石英、硼矽酸鹽玻璃或摻鈦熔融石英之類的常規玻璃對於可見光到近紅外範圍內波長的雷射輻射是透通。

【發明內容】

【0009】 本發明的一目的是提供一種方法和裝置，其能夠在工件中，優選在用於鏡子的基板中，特別是在用於EUV鏡的基板中產生具有複雜幾何形狀，特別是彎曲及/或成角度的幾何形狀的中空結構。本發明的另一目的是提供一種鏡子，特別是EUV鏡，以和具有這種中空結構的EUV微影裝置。本發明的另一目的是提供一種鏡子，特別是EUV鏡，其中減少了當流體流過中空結構時產生的流動引起的振動。本發明的另一目的在於提供一種流體供應裝置和方法，其即使在產生複雜的中空結構時也能夠將流體供應到至少一去除前置件。

【0010】 在本發明的一第一態樣，該目的是藉由本文開頭前言所述類型的方法實施，其中沒有垂直對齊於脈衝雷射輻射的入射輻射方向的去掉前置件在工件的輻射入射側至少間歇性形成以產生中空結構，其中中空結構優選產生成通道形式，流體，特別是冷卻流體能夠流經該通道。流體可為用於加熱或冷卻的溫度控制媒介。通常，流體是液體，但也可為氣體。

【0011】 在本申請中，術語「消融前置件」與術語「去除前置件」同義使用。在去除前置件處去除工件的材料。在工件材料和中空結構的已經形成的部分之間，去除前置件形成界面。中空結構的已經形成的部分的側面相鄰於去除前置件，更確切地說是相鄰於去除前置件的邊緣輪廓。

【0012】發明人已經認識到，產生具有底切的中空結構，例如具有彎曲或成角度的幾何形狀，受益於至少間歇性不垂直對齊於在工件的輻射入射側處的脈衝雷射輻射的入射輻射方向的去除前置件，但去除前置件相對於入射輻射方向傾斜並以不同於90度的角度對齊，也就是說以0度和89度之間的角度對齊。

【0013】通常，傾斜的去除前置件在相對於入射輻射方向傾斜的平面中延伸；然而，原則上，去除前置件也可不是平面的並且偏離平面幾何形狀。在這情況下，去除前置件對齊脈衝雷射輻射的入射輻射方向的角度被理解為相對於去除前置件的等效平面的角度。等效平面是與去除前置件的所有點具有最小可能距離的平面。等效平面由傳統的普通最小平方法（ordinary least squares，簡稱OLS）方法確定。特別係，去除前置件可僅與平面或平面幾何形狀有微小的偏差並且可近似於平面幾何形狀，例如以小階梯部分形式。

【0014】入射輻射方向理解為脈衝雷射輻射在輻射入射側入射的方向。聚焦在相對焦點位置上的脈衝雷射輻射通常是其傳播方向對應於入射輻射方向的雷射束。如果脈衝雷射輻射沒有以垂直方式輻射到工件的輻射入射側上，則會因為折射，導致脈衝雷射輻射在工件材料中的傳播方向不同於工件處的入射輻射方向。

【0015】脈衝雷射輻射到工件的輻射入射側的入射輻射方向在形去除前置件時通常是恆定的。如果脈衝雷射輻射的入射輻射方向在去除前置件的形成過程中發生變化，則入射輻射方向會被理解為是指在沿著移動圖案軌跡的所有焦點位置處的輻射入射側的入射輻射方向的算術平均值。

【0016】通常，工件的厚度方向基本上平行於脈衝雷射輻射在工件上的入射輻射方向延伸。厚度方向對應於脈衝雷射輻射通過輻射入射側的位置處的輻射入射側的法線方向。脈衝雷射輻射通過其進入工件的輻射入射側可為大致平坦的表面，其基本上垂直對齊於入射輻射方向。然而，輻射入射側也可形成曲面，例如球面曲面、非球面曲面或自由曲面。然而，為了形成彎曲的鏡面，例

如平坦的輻射入射側可在已經產生一或多個中空結構之後以機械方式或以任何其他方式進行加工。脈衝雷射輻射也可以非垂直方式入射到輻射入射側。

【0017】 如果想要形成具有底切的中空結構，則去除前置件可用不同於90度的角度對齊於入射輻射方向，也就是說介於0度和89度之間，至少在底切的產生過程中。舉例而言，如果想要形成中空結構的一段，其縱軸基本上平行於輻射入射側延伸，則這種配置是有利的。本質上，去除前置件也可不同於90度的角度對齊於進入的輻射方向，該角度是恆定的或選擇性根據去除前置件在整個中空結構的產生期間在工件內的位置而變化該角度。去除前置件的角度應連續且緩慢地變化，即直接連續形成的兩去除前置件之間的角度差應較小。

【0018】 常是由輻射入射的雷射輻射的多光子吸收造成去除工件材料，這就是去除過程也稱為多光子雷射消融的原因。多光子吸收可以發生在工件的材料中及/或流體中，通常是液體，其在材料去除期間與去除前置件接觸，如以下更詳細地描述的。其他化學及/或物理製程也可能導致材料的去除。射入的雷射輻射的參數可適應相對的過程或者針對應該引起材料去除的相對過程進行改良。

【0019】 中空結構優選為產生能使流體流過的彎曲通道形式，特別是冷卻流體。如前文進一步描述，特別是設有底切的中空結構，例如呈現為彎曲通道形式的中空結構，能夠藉由前文進一步描述的方法產生能夠使流體流過的該中空結構。

【0020】 在一變形例中，脈衝雷射輻射的第一射出開始於去除前置件的區域中的工件的材料。在該變形例中，脈衝雷射輻射在工件的輻射入射側和去除前置件之間的工件材料內傳播，也就是說在輻射入射側和去除前置件之間沒有空腔。

【0021】 在該變形例的發展中，脈衝雷射輻射在從工件材料中射出之後重新再進入工件材料中。如果是想要形成不平行於入射輻射方向延伸的中空結構的一段，這是通常情況。在這情況下，在相對焦點區域中未被工件材料完全吸

收的脈衝雷射輻射的一部分入射在工件材料上，其存在於在脈衝雷射輻射的入射輻射方向上遠離輻射入射面的去除前置件的一側。

【0022】 在一進一步變形例中，工件內的去除前置件至少間歇性沿朝向工件的輻射入射側的方向移動。如果形成平行於入射輻射方向延伸的中空結構的一段，則去除前置件在朝向工件的輻射入射側的方向上的移動可平行於入射輻射方向。然而，例如當形成中空結構的成角度或彎曲的一段時，還可將去除前置件在輻射入射側方向上的移動與在與其垂直的方向上的移動疊加。

【0023】 在一進一步變形例中，當去除前置件在工件內移動時，工件的材料至少間歇性相鄰於遠離工件輻射入射側的去除前置件邊緣的一側，所述側係遠離工件的輻射入射側。如前文進一步描述，這通常是想要形成不平行於入射輻射方向延伸的中空結構的一段的情況。

【0024】 在一進一步變形例中，去除前置件從相對於輻射入射側的工件的一側開始移動。與輻射入射側相對的並且去除前置件從其開始的工件的一側可為工件的背面，該側通常基本上平行對齊射束入射側。然而，去除前置件從工件的該側開始，而該側也可為位於工件容積內的表面。例如，如果藉由該方法產生的中空結構已經存在於工件中，而又是從該中空結構開始，則可能就是此情況。可能已使用本文描述的方法產生出已經存在於工件容積中的中空結構；然而，原則上也可使用不同的材料去除方法產生這種中空結構，例如使用機械研磨方法。

【0025】 在一變形例中，至少間歇性形成的去除前置件以0度和89度之間、優選在0度和80度之間、特別優選在20度和70度之間、特別是在30度和60度之間的角度對齊入射輻射方向。如前文進一步描述，此去除前置件的對齊方式防止或減少將材料改性引入位於去除前置件下方的工件的容積區域中，因此顯著降低了在產生中空結構時引入工件材料的應力。

【0026】 在一進一步變形例中，焦點區域沿著移動圖案的相互偏移軌跡而移動。在本文描述的方法中，移動圖案的軌跡優選彼此平行配置並且沿直線延

伸。舉例來說，相鄰軌跡之間的距離大約在0.01 mm和0.5 mm之間。然而，此對齊並非強制性，也就是說移動圖案的軌跡也可選擇性以同心輪廓形式對齊，例如以同心圓形式，或以任何其他方式對齊。移動圖案的剖面幾何形狀或其在垂直於去除前置件的移動方向的平面中的投影對應於中空結構的剖面幾何形狀。原則上，中空結構的剖面幾何形狀是任意的，例如可為圓形、橢圓形、多邊形等。根據工件內去除前置件的位置修改移動圖案的空間範圍當去除前置件移動時，還可在特定邊界內修改中空結構的剖面直徑。

【0027】 在一變形例中，為了形成不垂直於入射輻射方向配置的去除前置件，移動圖案的軌跡由於焦點區域在正或負入射輻射方向或沿入射輻射方向偏移而在入射輻射方向上或沿入射輻射方向彼此偏移。在該變形例中，移動圖案的軌跡通常沿直線延伸並且彼此平行配置。在本文描述的變形例中，移動圖案的各個軌跡沿著入射輻射方向彼此偏移，以產生相對於入射輻射方向傾斜的去除前置件。在一方向上的移動，例如在Z方向上的移動，理解為沿著或平行於相對方向的移動，其中不考慮方向（+Z, -Z）的符號。

【0028】 在該變形例的最簡單情況下，對於從移動圖案的橫向邊緣處的軌跡開始的每個額外的相鄰軌跡，在入射輻射方向上焦點區域偏移恆定的絕對值。舉例來說，可使用動態變焦鏡頭使得入射輻射方向上的焦點區域偏移。

【0029】 在該變形例中，利用具有動態變焦鏡頭的掃描儀光學單元，藉由移動圖案的快速掃描結合入射輻射方向上的焦點區域的偏移而形成傾斜的去除前置件。為了在工件內移動去除前置件，與掃描移動相比通常較慢的工件移動疊加在掃描移動上。替代上，在固定工件的情況下，可藉由改變掃描光學單元的掃描場內的移動圖案的位置來移動去除前置件。為了產生中空結構的第一段，可移動工件來改變去除前置件的位置，並且為了產生中空結構的第二段可藉由改變移動圖案在掃描場中的位置來移動工件中的去除前置件的位置。

【0030】 在一進一步變形例中，修改在移動圖案的相互偏移軌跡中脈衝雷射輻射的脈衝能量，以形成沒有垂直對準入射輻射方向對準的去除前置件，其

中在垂直於入射輻射方向的平面上優選移動焦點區域。作為在入射輻射方向上產生焦點區域的偏移的替代或附加，也可修改相互偏移軌跡中的脈衝雷射輻射的脈衝能量。從移動圖案的第一橫向邊緣處的軌跡開始，在這情況下脈衝能量通常連續增加或減少直至移動圖案的第二相對邊緣處的軌跡。例如，可藉助聲光調變器或電光調變器實現脈衝能量的快速調節，這些調變器作用於雷射源以產生脈衝雷射輻射並且其響應時間約小於1微秒或更短。

【0031】 通常，本文描述的方法的變型不會與焦點區域在入射輻射方向上的偏移相結合，因此可以省去用於動態適配焦點位置的裝置。因此，焦點區域的脈衝雷射輻射聚焦在焦點平面上並在生成消融圖案時在焦點平面中移動。在掃描光學單元的幫助下掃描軌跡時，可以使用F-theta透鏡或遠心透鏡將脈衝雷射輻射聚焦到焦點平面中。在消融過程開始時，在這情況下脈衝雷射輻射例如可聚焦在位於工件背面的焦點平面上。

【0032】 即使脈衝雷射輻射聚焦在垂直於入射輻射方向的焦點平面上，可藉由修改各個軌跡之間的脈衝能量來形成傾斜的去除前置件，因為雷射脈衝的影響範圍發生了變化：取決於雷射脈衝的波長和脈衝持續時間，需要特定的臨界值能量密度或特定的臨界值強度來進行工件材料的去除。脈衝能量越大，入射輻射方向上的區域範圍也越大，在該區域中，從焦距或焦點平面開始，產生材料的去除。因此，快速調整脈衝能量使得從工件遠離輻射入射側的一側開始形成去除前置件，去除前置件以不同於0度的角度對齊焦點平面，焦點區域在該焦點平面中移動。在這情況下，去除前置件也可藉由移動工件在工件內移動，以產生中空結構。如此，可產生傾斜的去除前置件而無需額外的可移動元件，例如變焦光學單元中的致動器。

【0033】 在一變形例中，在中空結構的產生過程中，去除前置件在橫向於入射輻射方向的運動方向上至少間歇性移動，以形成中空結構的一部分。中空結構優選基本上平行於輻射入射側延伸，當去除前置件橫向於入射輻射方向移動時，去除前置件在其更靠近輻射入射側的一側優選以小於90度的角度對齊移

動方向，優選小於70度。在本申請的含義內，術語「基本平行」被理解為表示平行配置或以正負10度的角度對齊平行配置。

【0034】 前文進一步描述的方法特別是可用於形成中空結構的「水平」部分，也就是說基本上平行於工件的輻射入射側延伸的一段。在用於EUV鏡的基板形式的工件的情況下，此段通常配置在離輻射入射側的一小距離處，在這情況下，對應於在產生中空結構之後在其上施加反射塗層的光學表面。「水平」部分使得能對EUV鏡光學表面進行有效溫度控制。

【0035】 在一進一步變形例中，在中空結構的產生過程中，為了產生基本上平行於入射輻射方向延伸的中空結構的一段，從工件的與輻射入射側相對的一側開始，去除前置件以基本上平行於入射輻射方向的方式至少間歇性移動，並且為了優選產生基本上平行於入射輻射方向延伸的中空結構的另一段。為了形成連續的中空結構，例如以貫穿通道形式，在產生中空結構之後，流體能夠流經貫穿通道，進而控制工件或基板的溫度，特別是降低溫度，通常需要將中空結構的上述「水平」段連接到工件遠離輻射入射側的一側或工件的任何其他側。為此目的，可從工件遠離輻射入射側的一側開始產生中空結構的「垂直」通道段，所述「垂直」通道段合併至中空結構的「水平」通道段中。

【0036】 當產生連續的中空結構時，可在第一製程步驟中產生第一「垂直」段並且僅產生中空結構的「水平」段的一部分，也就是說，產生了一中空結構，其終止於「水平」段內的去掉前置件。為了產生連續的中空結構，在第二製程步驟中產生中空結構的第二「垂直」通道段，所述第二「垂直」通道段從工件一側的不同位置開始，該側遠離輻射入射側，所述第二「垂直」通道段從已經產生的中空結構的第一「垂直」段開始的位置偏移「水平」段的長度。

【0037】 第二製程步驟中的去掉前置件對應於在反射於入射輻射方向上的第一製程步驟中的去掉前置件。第二「垂直」段被轉換成中空結構的「水平」段的另一部分，其在入射輻射方向上與「水平」段中已經形成的部分水平延伸。中空結構的「水平」段的兩端通過連續加工在重疊區域相互連接。如此，整個

中空結構被打開並形成連續通道，冷卻流體可通過第一端處的流體入口供應到該連續通道，在另一端的流體出口處再次從中空結構中去除所述冷卻流體。在重疊區域中形成接縫區域。在接縫區域內，通道的性質，特別是通道壁的性質，不同於接縫區域外的通道性質，特別是通道壁的性質，如以下進行更詳盡的描述。

【0038】 在一進一步變形例中，產生中空結構的第一段和中空結構的第二相鄰段，其的縱向方向相對於彼此以70度和100度之間的角度對齊，最好是90度角。如前文進一步描述，在本文描述的方法的情況下，可產生具有底切的中空結構。舉例來說，可利用本文描述的方法來產生彎曲的冷卻通道形式的中空結構。特別係，可產生具有90度曲線的中空結構，也就是說在相鄰段之間具有大約90度的方向變化。例如，這有利於在中空結構的「垂直」段和中空結構的「水平」段之間形成上述轉變。然而，應當理解，在中空結構的「水平」和「垂直」段之間不一定會發生在此描述的大約90度的曲線形式的轉變。

【0039】 在一變形例中，在中空結構的產生過程中形成圓角段，第一段和第二段在所述圓角段中彼此合併。已發現優選係，在兩相鄰段之間的曲率大約為90度的情況下，不會產生扭結形式的不連續轉變，而是沿著中空結構的圓角段實施連續轉變。通常，圓角段具有恆定的曲率半徑；然而，這不是強制性，也就是說曲率半徑可變化。圓角段簡化了利用軟管進行的追蹤，以將流體供應到去除前置件或中空結構，該流體有效地從去除前置件的區域將去除產物移除，如下面將更詳細描述。

【0040】 在一進一步變形例中，在產生中空結構的過程中讓去除前置件與流體接觸，當移動去除前置件時，流體利用流體供應追蹤去除前置件，流體供應至少部分引入中空結構中。通常需要利用對於脈衝雷側輻射來說特別透通的液體來沖洗焦點區域，以去除消熔產物並冷卻工件。可藉助噴嘴以自由液體射流形式將液體引導到工件的背面，或者可將工件部分浸入液體浴中。然而，也可使用氣體例如壓縮空氣，代替液體與去除前置件接觸，以去除消熔產物。

【0041】 如果中空結構（例如通道形式）具有長度較長，有必要將流體供應至少部分引入中空結構中，以能夠在去除前置件的區域中進行局部沖洗。為此目的，流體供應或流體供應的一部分，例如噴嘴，可至少部分引入中空結構中。舉例來說，流體供應可形成為剛性管或具有剛性管，噴嘴附接到其自由端，其中管或噴嘴至少部分引入中空結構中。然而，流體供應也可沒有噴嘴。例如以管形式的流體供應，其外徑略小於中空結構的直徑，會使得從噴嘴流出的流體可利用過管道和中空結構的壁之間的空隙排出。

【0042】 在該變形例的發展中，流體供應包含至少一彈性管或者流體供應形成至少一彈性管，流體利用至少一彈性管追蹤去除前置件，特別是從工件的遠離輻射入射側的一側開始。

【0043】 當產生選擇性具有90度曲線或90度彎曲的彎曲中空結構時，必須將彈性管引入中空結構中已經產生的部分以有效將去除產物移除。在這情況下，管的自由端（通常附接有噴嘴）位於距離去除前置件相對較短的距離處。管徑略小於中空結構的直徑，以確保從噴嘴流出的流體可利用管道和中空結構壁之間的空隙排出，通常是在朝向工件背面的方向。也可利用具有用於流出流體的自由端或端件的其他彈性元件來追蹤去除前置件。

【0044】 在一進一步變形例中，移動工件，特別是移動工件以移動去除前置件。例如，可在一、兩或三個空間方向上以位移形式移動工件。特別是如果中空結構的中兩區段之間大約以90度彼此對齊呈現轉變，則優選係，工件在疊加運動中在兩空間方向上位移或移動。對於尺寸不超過掃描光學單元加工範圍中進行產生中空結構，去除前置件在工件內的移動也可藉由在處理區域內掃描圖案移動來實現，而無需在製程中移動工件。在這情況下，也可在產生中空結構時相對於進入的輻射方向改變去除前置件的配置。

【0045】 在一進一步變形例中，藉由掃描光學單元沿著移動圖案的相互偏移軌跡移動焦點區域，以形成去除前置件。在這情況下，藉由掃描光學單元快速偏轉脈衝雷射輻射來移動焦點區域以形成去除前置件，為此目的，掃描光學

單元可包括例如一或多個掃描鏡，例如以電流計鏡子形式。為了產生中空結構，用於形成去除前置件的掃描運動通常疊加在工件的相對緩慢的運動上。為了在掃描運動期間將焦點區域聚焦在焦點平面上，通常需要利用F-theta透鏡或遠心透鏡進行脈衝雷射輻射。當在入射輻射方向上產生焦點區域的偏移以形成傾斜的去除前置件時，通常這種透鏡同樣與動態變焦透鏡組合使用。通常，F-theta透鏡或遠心透鏡也用於利用修改脈衝雷射輻射的脈衝能量來產生傾斜的去除前置件。

【0046】 在一進一步變形例中，中空結構的圓形剖面直徑在1 mm和20 mm之間，優選在1 mm和5 mm之間。如前述，通道剖面也可不是圓形剖面。在這情況下，通道直徑被理解為所謂的當量直徑，即其面積對應於通道的流動圓形剖面直徑，在這情況下該圓角段不是圓形。發現若通道直徑的值在上述範圍內有利於流體的流動。

【0047】 在一進一步變形例中，中空結構的長度至少為10 cm（公分），優選至少15 cm，特別優選至少20 cm，特別是至少70 cm。如前文進一步描述，特別是可藉助本文描述的方法來產生具有顯著長度的彎曲通道形式的中空結構。

【0048】 本發明還有關一種開頭所敘述之類型的方法，特別是還可包含上述方法的一或多個變形例。在該方法中，遠離去除前置件的中空結構由側面界定，在產生中空結構的期間去除前置件相對於中空結構的側面的鄰近去除前置件的區域以去除前置件角度對齊，並且去除前置件角度至少間歇性大於去除前置件最小角度1度，並且至少間歇性小於去除前置件最大角度89度。去除前置件最小角度優選為5度、10度、20度或30度。去除前置件最大角度優選為85度、80度、70度或60度。在產生中空結構的期間，去除前置件可永久大於去除前置件最小角度及/或永久小於去除前置件最大角度，但這不是強制性。側面例如可為圓柱形側面；然而，這不是強制性。舉例來說，中空結構可為流體優選能夠流過的通道。

【0049】本發明還有關一種用於在工件中產生通道的方法，特別是流體能夠流過該通道，該工件可用於鏡子，特別是用於EUV鏡的基板，利用脈衝雷射輻射的材料去除製程來產生通道，並且在產生通道的期間至少部分將流體供應引入通道中。如前述，產生具有相對較長長度的通道需要使用至少部分被引入通道中的流體供應。

【0050】在該方法的一變形例中，藉由流體供應將流體供應至執行材料去除製程的區域中，特別是供應至形成於材料去除製程期間的去除前置件，當去除前置件在工件中移動時，優選藉由流體供應來追蹤去除前置件，特別是使用自動方式。在藉助於脈衝雷射輻射的材料去除製程的範圍內，其例如可藉助於前文進一步描述的方法來執行，產生較長長度通道需要藉由流體供應來追蹤去除前置件以冷卻去除前置件以和移除消融產物。舉例來說，流體供應可為管子等，其自由端可以附接有噴嘴，通常配置在距離去除前置件一小段的位置處。在產生長度相當長的直線通道的情況下，也需要藉由流體追蹤去除前置件。在這情況下，可選擇性放棄上述去除前置件的傾斜對準。舉例來說，可藉助以下描述的追蹤裝置來實施自動追蹤。

【0051】在一進一步變形例中，流體供應包括至少部分引入優選彎曲的通道中的彈性元件，該彈性元件優選形成彈性管。如前述，引入彈性元件，例如以彈性管形式的彈性流體管線，即使通道是彎曲的並且具有底切，也能利用流體來追蹤去除前置件，用於90度偏轉等形式的示例。

【0052】在一進一步變形例中，將通道產生成長度至少10 cm、優選至少15 cm、特別優選至少20 cm、特別是至少70 cm。如前文進一步描述，當產生相對較長長度的通道時需要追蹤。如前文進一步描述，藉由脈衝雷射輻射的材料去除製程來產生通道。以不同方式產生的段，例如利用機械加工，例如利用鑽孔，可能會相鄰於通道。在確定通道的長度時，仍未考慮到這些段的長度。

【0053】在進一步變形例中，基板是一體成形。為了盡可能避免基板材料中的應力，在結合兩或多個部分主體以形成基板時產生該應力，優選係，形成

單晶形式的鏡子的基板，例如EUV鏡，也就是說一體形成。利用前文進一步描述的方法，可在此單晶基板中產生具有幾乎任何所需幾何形狀的中空結構。一或多個中空結構特別是可為冷卻通道，也就是說允許冷卻液體例如水通過的中空結構。中空結構可為連續的冷卻通道；然而，中空結構也可具有一或多個分支點。中空結構的冷卻劑入口和冷卻劑出口可設置在基板的背面；然而，這不是強制性，特別是如果另外使用其他材料去除方法來產生整個中空結構或複數個中空結構。

【0054】 在一變形例中，基板由鈦摻雜的熔融石英或玻璃陶瓷組成。如前述，通常由所謂的零膨脹材料組成用於EUV鏡的基板，其具有極小的熱膨脹係數。

【0055】 原則上，也可利用上述方式將中空結構引入不適合用作EUV鏡基板的工件材料中。適用於該方法的工件類別是玻璃、晶體和半導體。前提是相對的材料對入射雷射輻射是透通的。例如，對於矽，這是在波長約大於1060 nm的近紅外波長範圍內的情況。

【0056】 在一進一步變形例中，基板材料的過零溫度在攝氏0度和100度之間、優選在攝氏19度和40度之間、特別優選在攝氏19度和32度之間。零膨脹材料，例如摻雜熔融石英形式，特別是鈦摻雜熔融石英形式，或某些玻璃陶瓷形式、凹坑組件或具有相對於彼此的正熱膨脹係數和負熱膨脹係數的晶相。這導致熱膨脹與溫度之間存在有效的非線性關係，恰好有一溫度值使熱膨脹消失或對溫度變化最不敏感；準確地說，這就是所謂的過零溫度，也稱為ZCT。

【0057】 在一變形例中，基板材料的過零溫度的空間變化為小於3K、優選小於2K、特別優選小於1K、特別是小於0.1K。優選係，過零溫度在基板的整個容積上盡可能恆定，也就是說表現出盡可能小的變化。空間變化被理解為表示基板容積中的最大過零溫度和最小過零溫度之間的差異。過零溫度的空間變化與在基板中產生中空結構之後的基板有關，也就是說在確定過零溫度的空間變化時未考慮在產生中空結構的期間消熔的材料。

【0058】本發明還有關鏡子，特別是EUV鏡，包含：一基板和一塗佈層，其塗佈於該基板並用於反射輻射、特別是EUV輻射的塗層，基板包含至少一中空結構，優選為通道形式，特別優選為能夠讓流體流經的通道形式，特別是冷卻流體能夠流經的冷卻通道形式，其使用上述方法產生。通常，中空結構用於EUV鏡的溫度控制，為此流體流經其中。然而，也可出於任何其他目的將中空結構引入基板中，例如為了將一或多個組件（例如以感測器、致動器等形式）集成到基板中。當產生中空結構時，通常還沒有將反射塗層施加到基板，以避免脈衝雷射輻射和反射塗層的材料之間出現相互作用。因此，通常僅在產生中空結構之後將反射塗層塗佈到基板上。

【0059】本發明還有關一種鏡子，特別是EUV鏡，包含：一基板，包含至少一通道，流體優選能夠流過該通道，利用脈衝雷射輻射的材料去除製程形成通道，該通道具有彎曲形式且該通道直徑在1 mm和20 mm之間，優選在1 mm和5 mm之間，及/或通道長度至少為10 cm，優選至少為15 cm，特別是至少為20 cm。可利用脈衝雷射輻射的材料移除處理期間形成通道，特別是使用上述方式，也就是說利用上述方法，借助移動通過由脈衝雷射輻射形成的基板的去除前置件。特別係，在這情況下，去除前置件至少間歇性可沿不垂直於脈衝雷射輻射的入射輻射方向而定向於在工件的輻射入射側。可特別形成彎曲的通道，其中可讓流體流經，例如冷卻流體。

【0060】在一實施例中，基板是單晶形式。如前述，在單晶基板中可避免當兩或多個部分主體接合以形成多部分基板時，會產生的基板材料中的應力。

【0061】在一進一步實施例中，通道具有第一段和第二相鄰段，其的縱向方向相對於彼此以70度和100度之間的角度對齊，優選以90度的角度對齊。當引導流體流經通道以對於基板進行有效溫度控制時，偏轉較大角度大約90度可為有利的。

【0062】 在一實施例中，第一段和第二段在圓角段中彼此合併。發現兩段之間沿圓角段的連續轉變，相對於扭結形式的轉變是有利的，這將在以下更詳細描述。

【0063】 本發明的另一態樣有關一種用於反射輻射的光學元件，其形式為鏡子，特別是EUV鏡，包含：一優選的單晶基板；一反射塗層，用於反射輻射，特別是EUV輻射，將該塗層塗佈至該優選的單晶基板的表面；和至少一中空結構，其在優選的單晶基板中延伸並且被設計成允許流體流過其中中空結構具有第一段和第二相鄰段，其彼此以60度和120度之間的角度對齊，優選以80度和100度之間的角度對齊，特別是90度，並且中空結構具有圓角段，第一段和第二段在圓角段處彼此合併。這兩段通常是通道段，其通常基本上在緊鄰圓角段的直線上延伸。緊鄰圓角段的這兩段具有以上述角度相對於彼此對準的縱向軸線。特別係，第一段和第二段可彼此以大於90度，例如大於100度的角度對齊。

【0064】 導致擾流並造成流動引起振動的流動分離可使用拐角或尖銳邊緣形式在基板的中空結構的兩段之間的轉變處出現在中空結構的壁處，特別是當兩段大致相互垂直配置時，也就是說彼此之間的角度在60度和120度之間。出於這個原因，建議中空結構的兩段在圓角段處相互融合，該段具有盡可能流線型的輪廓。

【0065】 圓角段理解為表示沒有角的段。因此，在圓角段第一段連續合併到第二部分。中空結構的剖面或直徑在圓角段內通常是恆定，但選擇性上其也能變化。通常，圓角段的剖面或直徑對應於兩段的剖面，但是如果圓角段配置在分支點處則並非強制性；請參見以下。

【0066】 基板優選是單晶，也就是說其為一體形成，並且沒有接合表面（基板的兩或多個部分主體在接合表面處相互連接）。

【0067】 可藉由脈衝雷射輻射的材料去除製程來產生圓角段，如前文用於產生中空結構或用於產生通道的方法，在該通道中形成相對於入射輻射方向傾斜地對準的去掉前置件。如前述，可以通過加工平面或去掉前置件的傾斜對準

來形成偏離直線幾何形狀並且特別是不平行於基板的厚度方向延伸的中空結構。例如，可利用傾斜的去除前置件在兩相互垂直的方向上同時移動來產生中空結構的圓角段。

【0068】 在一實施例中，圓角段的曲率半徑 R 與圓角段的直徑 D 之間的 R/D 比率在2和6之間，優選在2.5和5之間，特別地在2.5之間和3.5。在 R/D 比大於2的情況下，已經可顯著改善流動引起的振動，例如小於50%。理想情況下， R/D 比大約在2.5和3.5之間，例如3.0，因為通常這比率可最大程度改良流動所引起的振動。 R/D 比率不應超過6以上的值。在該實施例中，圓角段具有恆定的曲率半徑。

【0069】 圓角段的流動剖面通常是圓形的，但也可選擇性偏離圓形幾何形狀，例如具有橢圓幾何形狀。在這情況下，圓角段的直徑被理解為所謂的當量直徑，也就是說，其面積對應於圓角段的流動剖面的圓直徑，在這情況下圓角段不是圓形的，如上所述。

【0070】 發現到，圓角段的直徑與圓角段的曲率半徑的比值，表示出無擾流的層流引導的基本參數，進而避免流動引起的振動。

【0071】 在一進一步實施例中，圓角段的直徑 D 在2 mm和20 mm之間，優選在2 mm和12 mm之間。特定數量級的圓角段或中空結構的通道結構的直徑允許產生足夠的容積流速以針對給定的邊界條件進而有效地控制光學元件的溫度。通常，中空結構內的流體流速為每秒公尺的量級。

【0072】 在一實施例中，中空結構包含複數個溫度控制通道，特別是冷卻通道形式，其在施加有反射塗層的表面下方延伸，並且中空結構包含經由分配通道連接到溫度控制通道（特別是冷卻通道）的流體分配器，流體收集器經由收集通道連接到溫度控制通道，特別是冷卻通道，其通常用於冷卻基板並因此在以下中也稱為冷卻通道的溫度控制通道通常會在表面下方的近表面區域中延伸。表面附近區域被理解為是指距基板表面10 mm或更短的距離。在基板的厚度方向上測量和表面之間的距離，後者通常垂直於基板的大致平坦的下側對

齊。由於冷卻通道離表面的距離較小，可有效冷卻鏡子的表面。該距離被理解為表示相對溫度控制通道和具有反射塗層的表面之間的最小距離。

【0073】 通常，流體分配器和流體收集器各自具有比單獨的冷卻通道更大的流動剖面。這可設置有利的流動條件。相較於冷卻通道，流體分配器及/或流體收集器優選配置與距離塗佈反射塗層的表面相較更遠的地方。此配置使得因為流體分配器及/或流體收集器中的流體壓力所導致的表面變形保持在可接受的限度內，流體分配器及/或流體收集器的表面面積通常大於冷卻通道的空腔。流體分配器通常連接到流體入口並且流體收集器通常連接到流體出口。每個相對的冷卻通道可連接到恰好一分配通道和恰好一收集通道；然而，原則上，也可將一組兩個或選擇性兩個以上冷卻通道接到共同分配通道和共同收集通道。

【0074】 在一進一步實施例中，第一段形成溫度控制通道的端段，特別是冷卻通道的端段其與分配通道相鄰，並且第二段形成與端段相鄰的分配通道段，並且/或第一段形成溫度控制通道、特別是冷卻通道的端段其與收集通道相鄰，並且第二段形成與端段相鄰的收集通道段。

【0075】 冷卻通道通常基本上平行於塗佈有反射塗層的表面而延伸。由於基板內的安裝空間有限，通常從具有反射塗層的表面以近似直角引出連接到相對冷卻通道的分配通道或收集通道，也就是說收集通道段或分配通道段和冷卻通道的相鄰端段通常彼此大致成直角延伸，也就是說，流過中空結構的流體大約會有90度的偏轉。

【0076】 上述圓角段可避免或至少顯著減少流動引起的振動，特別是在選擇合適的曲率半徑與直徑比的情況下。

【0077】 原則上，流體分配器和流體收集器的設計可不同。舉例來說，流體分配器和流體收集器的流動剖面可分別從分配通道和收集通道開始逐漸變細，例如以漏斗形式，使得由流體分配器和流體收集器在基板中形成的空腔不必要增大。

【0078】 在一進一步實施例中，流體分配器形成入口通道，分配通道從入口通道分支，及/或流體收集器形成出口通道，收集通道從出口通道分支。在該實施例中，流體收集器和流體分配器通常基本橫向於分配通道的縱向方向並且橫向於收集通道的縱向方向延伸。通常，分配通道和收集通道分別以基本直角角度從入口通道和出口通道分支。例如，流體分配器和流體收集器在這情況下可以形成為圓柱形通道，其分別從基板外側上的入口開口和出口開口開始延伸到基板中。在這情況下，入口通道和出口通道例如可為鑽孔；然而，這些也可以通過上述消熔方法產生。

【0079】 該實施例的改良中，第一段形成分配通道與相鄰於入口通道相的合併段，且第二段形成入口通道與相鄰於合併段的分支段，及/或第一段形成相鄰於出口通道的收集通道的合併段，以和第二部分形成相鄰於收集通道的合併段的出口通道的分支段。

【0080】 圓角段的直徑與半徑的比率優選在上述數值範圍內。然而，圓角段在分支點處的曲率半徑可能不為恆定。分支點處的圓形剖面的流動直徑也不必是恆定的。舉例來說，圓角段的剖面可從入口通道開始或從出口通道開始逐漸變細。

【0081】 在一進一步實施例中，入口通道的分支段與分配通道的合併段之間的角度大於90度，優選大於100度，及/或出口通道的分支段與收集通道的合併段之間的角度大於90度，優選大於100度。已經發現，如果入口通道和出口通道的分支段以和分配通道和收集通道的分支段分別以鈍角對齊彼此，則有利於引導流動。

【0082】 在一進一步實施例中，基板材料為選自以下所組成的群組：熔融石英（特別是鈦摻雜的熔融石英）、和玻璃陶瓷。為了避免塗佈有反射塗層的表面變形，或許是基板材料的不均勻加熱導致該變形，用於EUV微影的鏡子基板通常使用所謂的零膨脹材料產生，該材料的熱膨脹係數非常小；請參考前文。

如前述，這些材料又硬又脆，因此很難進行機械加工。然而，實際上也可以使用上述雷射消融的方法在此類材料中產生任何形狀的中空結構。

【0083】 在一進一步實施例中，基板材料的過零溫度介於 0°C 和 100°C 之間，優選介於 19°C 和 40°C 之間，特別優選介於 19°C 和 32°C 之間。如前述，過零溫度特別是取決於EUV鏡操作期間的平均入射輻射通量來判定。

【0084】 在一實施例中，基板材料的過零溫度空間變化小於 3K ，優選小於 2K ，特別優選小於 1K ，特別是小於 0.1K 。如前述，鏡子的有效操作通常需要過零溫度的高空間均勻性。

【0085】 在一進一步實施例中，中空結構（優選是通道，特別是流體能夠流經該通道）具有接縫區域。如前述，通常在產生通道形式的中空結構的過程中形成接縫區域，在該接縫區域中，利用雷射消融形成的通道的兩段合併在一起以形成連續通道。在接縫區域內的通道性質，特別是通道壁的性質，在至少一種特性方面不同於接縫區域外的通道性質，特別是通道壁的性質。例如，接縫區域中的通道壁上的表面或表面結構可不同於接縫區域外的通道壁上的表面或表面結構。

【0086】 該實施例的改良中，中空結構（優選上特別是流體能夠流過的通道）具有去除前置件的邊緣輪廓、至少一突起、側向偏移或是在接縫區域的另一結構修改。

【0087】 在接縫區域中，去除前置件的輪廓或邊緣輪廓，或選擇性兩去除前置件的輪廓或邊緣輪廓，其中通道的相對部分的雷射消融終止，可識別或寫入通道形式的中空結構的表面結構中。在通道的表面結構中可識別的去掉前置件的邊緣輪廓可特別與相鄰於去除前置件的通道側面的區域成角度，例如 45 度。該角度通常可追溯到此事實，即在產生通道的過程中，去除前置件沒有垂直對齊入射輻射方向。去除前置件的邊緣輪廓可在整個周邊上是可識別的，或可選地僅在通道的表面結構的部分中是可識別的。

【0088】在接縫區域內的通道壁上可能出現一或多個突起，每個突起在縱向方向上局部定界，增加或減小通道的剖面。替代上，通道壁可在接縫區域內以階梯形式具有較小的側向偏移，該階梯出現在通道的兩段合併在一起的過程中及/或由於通道的兩段的略微不同的剖面。應當理解，接縫區域中的通道或通道壁的性質還可具有其他結構修改，其將接縫區域內的通道表面結構與接縫區域外的通道表面結構區分開來。

【0089】本發明的另一方面有關鏡子，特別是EUV鏡，包含：基板，其包括流體優選能夠流過的特別彎曲的通道，所述通道具有接縫區域。如前述，如果將利用雷射消融形成的通道的兩段放在一起以形成連續通道，則會出現接縫區域。接縫區域通常與通道的兩端間隔開。接縫區域分別與通道兩端的距離可以大致相同，但這不是強制性。如前述，鑑於從接縫區外的通道性質（特別是通道壁）的至少一特性，在接縫區內的通道性質（特別是通道壁性質）是不同的。

【0090】在一實施例中，通道具有一去除前置件的邊緣輪廓、至少一突起、橫向偏移或接縫區域中的另一結構修改。

【0091】根據本發明的此態樣的鏡子可特別具有上述態樣的鏡子特徵。基板材料特別是可為鈦摻雜的熔融石英或玻璃陶瓷。基板可為一體成形形式，但這不是強制性。

【0092】本發明的一進一步態樣有關一種EUV微影系統，包含：至少一EUV鏡，如前述所設計；和一溫度控制裝置，特別是冷卻裝置，其被設計成讓溫度控制流體，特別是冷卻流體，可流經至少一中空結構，該中空結構特別是通道形式。EUV微影系統可為用於曝光晶圓的EUV微影裝置，或者可為使用EUV輻射的一些其他光學配置，例如EUV檢查系統，例如用於檢查EUV微影中使用的光罩、晶圓等。

【0093】溫度控制裝置可用作冷卻裝置，並且例如可形成為允許冷卻流體形式的冷卻劑，例如冷卻液，例如冷卻水形式的冷卻劑流過中空結構，特別是

通道形式的中空結構。為此目的，溫度控制或冷卻裝置也可選擇性具有幫浦以和合適的供應和去除管線。溫度控制裝置也可作為加熱基板的加熱裝置。在這情況下，通常同樣為液體的加熱流體形式的溫度控制流體被輸送到通道形式的中空結構中。也可將溫度控制裝置設計成可對鏡子進行加熱和冷卻。溫度控制流體優選為水，可流經通道形式的中空結構，無論是在冷卻還是加熱兩者的情況下。

【0094】 基板的中空結構具有一用於流體進入的入口開口和用於流體出口的出口開口。入口開口和出口開口可分別連接到供應流體管線和流體去除管線的端口，以將通道連接到溫度控制裝置。如果複數個流體分離的中空結構或通道在基板內延伸，則其通過分離的入口和出口開口連接到溫度控制裝置。

【0095】 本發明的一進一步態樣有關開頭所述類型的裝置，該裝置包含至少部分可引入通道中的流體供應。該裝置設計成執行上述用於產生通道的方法，在該範圍內執行材料去除製程並且在該範圍內將流體供應至少部分引入通道中。如前述，長度相對較長的通道需要藉助於合適的流體供應和冷卻去除前置件來移除消融的工件材料。

【0096】 在一實施例中，流體供應設計成將流體供應到執行材料去除製程的區域，特別是供應到形成的去除前置件，在材料去除過程中，流體供應優選能夠在去除前置件在工件中移動期間追蹤去除前置件。為此目的，流體供應可保持靜止並且工件可以相對於流體供應移動；然而，流體供應本身也可藉助於合適的致動器等而移動。在這情況下，流體供應通常包括可被引入通道中的元件，例如以管道形式等。

【0097】 在一進一步實施例中，流體供應被設計成至少部分將彈性元件、特別是彈性管引入通道中。為了從去除前置件盡可能有效去除材料，需要藉助彈性管等將流體輸送到去除前置件附近，特別是當這有關彎曲通道時。在自由端，軟管可具有用於流出流體的噴嘴，流體例如可為水或壓縮空氣。在非傾斜空腔或長度相對較短的空腔（例如小於20 mm）的情況下，通常在去除前置件與

流體從管道或噴嘴射出之間的距離的情況下，彈性管可固定方式配置並且由於工件的運動而自動引入空腔中，而無需為此目的在管上施加外部作用。本文描述的裝置可包含一流體供應裝置和可選的一追蹤裝置，用於自動追蹤軟管的去除前置件，如以下描述的流體供應裝置。

【0098】 在一進一步實施例中，掃描光學單元設計成沿著移動圖案移動焦點區域，以形成用於去除工件材料區域的去除前置件，該裝置設計成形成一去除前置件，該去除前置件不垂直於脈衝雷射輻射在由載台接收的工件處の入射輻射方向。通常，工件處の入射輻射方向，更準確地說是工件的輻射入射側，對應於重力方向。對齊配置在載台的工作件，使得通常垂直於輻射入射側延伸的厚度方向對應於重力方向。雷射源設計用於產生超短雷射脈衝形式的脈衝雷射輻射，這通常允許產生多光子吸收以消融工件材料。

【0099】 用於在不垂直對齊於入射輻射方向的方向或平面中對齊去除前置件的裝置的設計有多種選擇。

【0100】 在一實施例中，該裝置還包含一焦點偏移裝置，用於在脈衝雷射輻射の入射輻射方向上或沿脈衝雷射輻射の入射輻射方向偏移脈衝雷射輻射的焦點區域；和一控制裝置，其被設計或編程以控制焦點偏移裝置以在或沿入射輻射方向相對於彼此偏移運動圖案的軌跡，以形成不垂直對齊於入射輻射方向的去除前置件。

【0101】 在該實施例中，該裝置包含焦點偏移裝置，用於沿脈衝雷射輻射の入射輻射方向動態地偏移焦點區域。例如，焦點偏移裝置可形成為動態變焦鏡頭。控制裝置可為合適的硬體及/或軟體形式。

【0102】 在一進一步實施例中，該裝置包含一控制裝置，該控制裝置被設計或編程為控制雷射源以修改移動圖案的相互偏移軌跡的脈衝雷射輻射的脈衝能量，以形成未垂直對齊入射輻射方向的去除前置件。如前文在關於該方法的描述，脈衝雷射輻射在焦點光學單元的幫助下聚焦在通常垂直於入射輻射方向對準的平面上，而不使用焦點偏移裝置。為了在掃描儀光學單元的掃描場中的

所有位置處將脈衝雷射輻射聚焦在同一焦點平面中，該裝置可包含F-theta透鏡或遠心透鏡。為了讓去除前置件以一定角度對準在焦點平面中移動的焦點區域，在這情況下在相互偏移軌跡之間修改脈衝雷射輻射的脈衝能量。

【0103】 為了修改脈衝能量，雷射源可包含一或多個聲光或電光調變器，控制裝置作用於其上。如前文該方法的描述，通常從消熔圖案的一邊緣到其相對的邊緣增加或減少脈衝能量，導致相對於焦點平面形成去除前置件。

【0104】 在一進一步實施例中，該裝置包含一定位裝置，用於在工件內移動去除前置件，優選從工件的與輻射入射側相對的一側開始，為了產生通道，定位裝置設計成在入射輻射方向上或沿入射輻射方向移動工件，並且優選在至少一橫向於入射輻射方向的方向上或沿至少一橫向於入射輻射方向的方向移動工件。為此目的，定位裝置通常作用在工件的載台上。定位裝置可包含一或多個驅動器，例如呈線性馬達等形式的驅動器，其特別地實現工件在兩或三個不同空間方向上的疊加運動或位移。原則上，也可將定位裝置設計成使工件旋轉。

【0105】 本發明的一進一步態樣有關開頭所述類型的流體供應裝置，包含：至少一彈性流體管線，優選是複數個彈性流體管線，其用於將流體供應到至少一去除前置件，優選供應到複數個去除前置件；和一插入組件，其用於插入到工件的空腔中，插入組件具有至少一引導通道，在該引導通道中引導至少一彈性流體管線，或者能夠引導至少一彈性流體管線，以將流體輸送到至少一去除前置件。

【0106】 為了在產生中空結構時將流體供應到在工件的材料中移動的至少一去除前置件，根據本發明的此態樣的流體供應裝置包含至少一彈性流體管線，其能夠在移動通過工件期間追蹤去除前置件。根據本發明的流體供應裝置，為了將彈性流體管線，更準確說是會射出流體的彈性流體管線的自由端，將彈性流體管線的自由端定位在基板內的特定位置，在插入工件的空腔內的插入組件的引導通道中引導彈性流體管線。

【0107】 如果利用雷射消融，特別是通過多光子雷射消融形成的一或多個結構，其從空腔的壁分支出來，這是特別有利的，因為在這情況下，藉由插入組件或引導通道，可將流體管線的相對端定位在空腔壁上，而結構從空腔射出，並且當形成結構時可追蹤去除前置件。

【0108】 在將插入組件插入空腔之前，可能利用雷射消融產生了從空腔分支出來的相對結構的一小段。為了將流體供應到在該過程中形成的去除前置件，工件可至少部分浸入液體浴槽中。通常一旦去除前置件與空腔壁的距離超過約20-40 mm，無法完全浸入液體浴槽中，因為無法再將消融材料去除到足夠的程度，則消融過程逐漸停止。因此，為了產生從空腔分支出來的長度能大於約20-40 mm的結構，藉由彈性流體管線利用流體追蹤去除前置件的移動。

【0109】 即使沒有插入組件，彈性流體管線也可追蹤去除前置件，只要由雷射消融所產生的中空結構不具有分支或任何其他過於複雜的幾何形狀。然而，在插入組件的幫助下，彈性流體管線則可定位在結構應該從空腔開始或分支的位置，如上所述。因此，藉由插入組件，即使在具有分支點的中空結構的情況下也可確保流體能輸送到去除前置件，而無需手動將彈性流體管線通過或插入從空腔分支的結構中。

【0110】 特別是雷射消融可為多光子雷射消融形式。為了在多光子雷射消融的情況下形成空心結構，脈衝雷射輻射，通常是超短脈衝雷射輻射，透過基板材料到工件背面或工件內表面上的一點，例如在上述空腔的壁上，應該從該點開始形成該結構。在多光子雷射消融的情況下，產生去除前置件，從該點開始，該去除前置件移動通過基板材料以形成中空結構。關於通過多光子雷射消融去除材料的細節，可參考上述通過脈衝雷射輻射的材料去除加工的中空結構的產生方法。如其所述，為了產生具有複雜幾何形狀的中空結構，可對齊去除前置件或加工平面，使得其不垂直於脈衝雷射輻射的入射輻射方向，而是相對於垂直於入射輻射方向的平面傾斜。如此，也可以通過雷射消融產生不在一條直線上並且具有底切的中空結構。

【0111】流體通常是液體，例如水，其在相對較高的壓力下從彈性流體管線流出。可利用氣體代替液體（例如壓縮空氣）接觸去除前置件以去除消融產物。一用於流出流體的噴嘴可附接到彈性流體管線或管道的自由端，但這不是強制性。

【0112】工件優選是用於EUV鏡，特別是單晶基板。單塊基板一體成形，並且不具有接合面（基板的兩或多個部分主體會在接合面處互連）。如前述，這種單晶基板中的中空結構無法容易地利用機械加工例如通過鑽孔或磨削在硬而脆的玻璃材料中產生，所述玻璃材料例如可為鈦摻雜的熔融石英或玻璃陶瓷。可藉由機械加工產生上述空腔，例如空腔可為在基板上銑出的孔。然而，也有可藉由多光子雷射消融產生空腔，即使這種方法在產生大直徑空腔時會非常耗時。

【0113】在一實施例中，插入組件具有複數個引導通道，在這些引導通道中分別引導彈性流體管路。在選擇性具有從空腔發出的大量通道或其他結構的中空結構的情況下，同時產生複數個通道或其他結構是有利的。為此目的，可透過工件的容積同時輻射複數個脈衝雷射束，以同時形成複數個去除前置件，在去除前置件處工件的材料被消融，導致可同時產生複數個結構或從空腔中分支出來的通道。

【0114】同時產生複數個去除前置件需要藉助相對數量的引導通道或彈性流體管線將流體同時供應到去除前置件，所述引導通道或彈性流體管線追蹤相對的去除前置件。理想情況下，可同時產生從空腔分支出來的所有結構。如果要分支的結構的數量太多，可將這些結構分成複數個組，可同時處理每組。可以使用不同形式的插入組件來產生相對的一組結構。

【0115】在一進一步實施例中，可流過流體的間隙，特別是環形間隙，形成在流體管線和引導通道的通道壁之間，以流體從去除前置件返回。彈性流體管線的直徑被選擇為使得輸送到流體管線中的去除前置件的流體可經由可通過

的間隙再次被移除。通常，間隙的流動剖面應至少對應於彈性流體管路中流體的流動剖面。

【0116】 在一進一步實施例中，引導通道具有至少一圓角段用於改變彈性流體管線的方向。通常，從工件中的空腔分支出來的結構的延伸方向並不平行於插入組件插入或引入工件中的方向。因此，如果相對的引導通道從插入組件的端面開始，則通常需要改變插入組件內的彈性流體管線的方向。理想上，可藉由沿引導通道的圓角段或彎曲段引導流體管線來改變這種方向。在圓角段，彈性流體管路優選以傾斜的角度，也就是說方向改變會大於90度。

【0117】 在一進一步實施例中，插入組件為桿狀，並且至少一引導通道從插入組件的端面延伸至插入組件的側面。在這情況下，工件中的空腔通常是直線通道，其優選具有恆定的直徑並且從工件一側上的開口開始延伸到工件的容積中。在這情況下，插入組件從工件中的開口被推入空腔再插入空腔中。在這情況下，可利用工件中的開口從外部接近插入組件的端面，因此彈性流體管線能夠在插入組件的端面處被引導離開工件並且能夠連接到流體供應裝置，其包含幫浦等。利用引導通道的上述圓角段，可將相對的彈性流體管線從插入組件的端面引導至插入組件的側面。

【0118】 在該實施例的改良中，引導通道合併到插入組件的橫向側的開口中，所述開口優選在插入組件的縱向方向上彼此相鄰配置，並且特別在插入組件的縱向方向上彼此等距配置。開口在插入組件的縱向方向上彼此相鄰的配置被理解為表示開口沿著共同的直線或在插入組件的縱向方向上延伸的線而延伸。換言之，開口在插入組件的圓周方向上不相互偏移。如果打算通過多光子雷射消融產生沿共同線從空腔分支的多個結構，這是有利的。如果要形成的結構彼此等距配置，則開口也在插入組件的縱向方向上等距配置，也就是說彼此等距配置。

【0119】 在該實施例的改進中，桿狀插入組件為圓柱形並且其直徑優選在5 mm和10 mm之間。插入組件的幾何形狀與空腔的幾何形狀相匹配，空腔在這

情況下同樣具有圓柱形。空腔的直徑略大於插入組件的直徑。可利用機械加工產生直徑較大的圓柱形空腔，例如通過磨削，並且例如可為盲孔形式。在這情況下，通常將插入組件推入圓柱形空腔，直到插入組件靠在空腔的端面上。如此界定出開口在插入組件的縱向方向上的位置。另外，將插入組件對齊或旋轉，使得插入組件的側面中的開口定位在圓周方向上，使得這些開口對應於從空腔中分支出來的結構應該開始的點。此外，插入組件的端面可具有突出部分，即舌片，其卡入工件中的凹口或凹槽中，以簡化軸向定位。這符合鑰鎖理論。將插入組件插入之前可引入例如呈實心圓柱體形式的墊片至空腔中，使插入組件與所述墊片的端面接觸。如此可縮短插入組件的長度。

【0120】 在一進一步實施例中，至少一引導通道的內徑在1 mm和4 mm之間。從空腔發出的結構的直徑通常比插入組件的直徑小得多。這優勢在於，能讓在插入組件內延伸的複數個引導通道容納在插入組件中。

【0121】 在一進一步實施例中，至少一流體管線的外徑為1 mm或更小。如前述，通常在流體管線和相對引導通道的壁之間需要保留用於讓流體返回的間隙。流體管線的外徑因此相對地小於引導通道的內徑。

【0122】 可利用各種方式形成插入組件。例如，引導通道可以形成為管，例如不銹鋼管或塑膠管，將其彎曲或其已彎曲而形成一或多個圓角段。可將多管形式的引導通道（例如不銹鋼管或塑膠管）捆綁在一起，例如，可模製成合適的材料，以產生具有所需幾何形狀的插入組件，例如圓柱形。

【0123】 替代上，可利用積層製造方法產生插入組件。在這情況下，插入組件通常由使用3-D列印方法產生的主體組成，其中在積層製造過程中形成空心結構形式的引導通道。對於插入組件的產生，可使用3D列印常用的金屬、塑膠甚至類玻璃材料。

【0124】 在一進一步實施例中，流體供應裝置包含一用於將流體供應到至少一彈性流體管線的流體供應裝置。流體供應裝置可包含一用於提供流體的流體儲存器。如前述，通常有利的是讓流體在相對高的壓力下從流體管線流出。

因此優選係，利用幫浦，其可產生相對高壓並且是流體供應裝置的一部分，將流體供應到彈性流體管線。

【0125】 在一進一步實施例中，流體供應裝置包含至少一追蹤裝置，利用至少一彈性流體管線自動追蹤工件材料中去除前置件的移動。在多光子雷射消融的情況下，去除前置件通常在工件容積內以恆定的加工速度移動。彈性流體管線的自動追蹤同樣以處理速度實現。為了追蹤的目的，推進彈性流體管線，例如憑藉後者以恆定速度從線圈等展開。對於彈性流體管線的追蹤，流體管線的材料通常需要具有足夠的剪切剛度，但這通常是用於彈性流體管線的材料的情況。在去除前置件以不同處理速度在工件材料內移動的情況下，追蹤裝置可設計成讓流體管線能以單獨合適的速度追蹤。

【0126】 本發明的另一態樣有關一種方法，利用多光子雷射消融從工件移除材料時，藉由如上所述設計的流體供應裝置將流體供應到至少一去除前置件，優選是用於EUV鏡的特殊單晶基板，所述方法包含：將插入組件插入工件的空腔中，並利用至少一彈性流體管線將流體輸送到至少一去除前置件，在插入組件的至少一引導通道中引導該至少一彈性流體管線。如上所述的供應流體裝置允許彈性流體管線以自動方式追蹤移動通過工件時的去除前置件。

【0127】 在一變形例中，在插入組件插入空腔之前，空腔中有填充流體，並且從填充有流體的空腔開始進行的多光子雷射消融形成鄰近空腔的複數個通道段。為了產生長度相對較短的通道段或從空腔開始或分支的其他結構，通常不需要利用彈性流體管線將流體局部供應到去除前置件：在通道段的長度通常不超過約20-40 mm的情況下，如果整個空腔都充滿了流體以和多光子吸收過程中形成的通道部分也充滿了流體就足夠了。為此目的，通常會將帶有流體的工件的一部分浸入液體或液體浴槽中，通常是水浴槽中。

【0128】 在該變形例的改良中，在插入組件插入空腔後，從通道段的端面開始產生複數個去除前置件，並且複數個去除前置件在工件的材料中移動以產生複數個通道，其中複數個彈性流體管線追蹤工件材料中去除前置件的移動。

【0129】 如果工件是用於EUV鏡的基板，則所述工件可以例如具有兩空腔，這兩空腔用作流體分配器和流體收集器，並且每個空腔中都有插入組件插入。這兩空腔利用複數個通道流體互連，這些通道從第一空腔分支並通向第二空腔。從每種情況下，從兩空腔中的一者開始，在這情況下可通過多光子雷射消融在每種情況下產生第一或第二通道段，其對應於相對通道的大約一半長度。在產生過程中，大約在通道長度的中間存在兩通道段的去除前置件的重疊，其結果是出現連續通道，後者將流體分配器連接到流體收集器。

【0130】 如果通道是用於EUV鏡的冷卻通道或冷卻結構，則這些通道通常不會在流體分配器和流體收集器之間的直線上延伸，而是成角度並且通常具有分配通道，分配通道中的流體從流體分配器開始輸送到表面附近，其與EUV鏡的光學表面具有相對大的距離。通常在形成冷卻通道的通道部分中沿著表面引導冷卻水形式的流體，然後流體在收集通道中從表面移除並被供應至流體收集器。

【0131】 將可從以下所示出本發明的必要細節的附圖中的多個圖示、和申請專利範圍，明白本發明的其他特徵和優點。在本發明的一變形例中，各個特徵可分別單獨或以任意組合的複數個方式實施。

【圖式簡單說明】

【0132】 在示意圖中示出示例性實施例並且在以下描述中對其進行解釋，其中：

【0133】 圖1示出用於EUV投射微影的投影曝光裝置的經向剖面示意圖；

【0134】 圖2a至2b示出具有基板的EUV鏡的示意圖，其中引入冷卻通道形式的中空結構；

【0135】 圖3示出通過在形成底切時利用脈衝雷射輻射對基板進行材料去除製程來產生圖2a的中空結構的裝置示意圖；

【0136】圖4a至4c示出移動圖案的示意平面圖和側視圖，該移動圖案在基板的脈衝雷射輻射的入射輻射方向上具有相互偏移的軌跡，並且借助圖3的裝置；

【0137】圖5a示出具有相互偏移軌跡的移動圖案的示意平面圖，在聚焦具有不同脈衝能量的脈衝雷射輻射時產生這些軌跡；

【0138】圖5b示出了具有傾斜去除前置件的基板的示意性剖面圖，在使用圖5a中所示的具有不同脈衝能量的消融圖案將脈衝雷射輻射聚焦到焦點平面中時產生該傾斜去除前置件；

【0139】圖6a至6c示出在產生中空結構的三個不同階段期間的示意圖（類似於圖3），並且流體供應裝置包含一噴嘴或一軟管；

【0140】圖7a至7c示出產生連續冷卻通道形式的中空結構和在製程中形成接縫區域過程中的兩製程步驟；

【0141】圖8a至8b示出了圖1的投影曝光裝置的鏡子的示意性剖面圖，其具有帶複數個冷卻通道形式的溫度控制通道的中空結構，其端段利用圓角段與分配通道或收集通道合併；

【0142】圖9a至9d示出在分配通道和冷卻通道的端段之間的圓角段的示意圖，在每種情況下，四個不同的曲率半徑具有相同的流動直徑；

【0143】圖10a至10d示出收集通道和冷卻通道的端段之間的圓角段的示意圖，在每種情況下對於四個不同的曲率半徑具有相同的流動直徑；

【0144】圖11a示出了用於具有類似於圖8a至8b的中空結構的EUV鏡的基板的透視圖，其中冷卻通道的端段以鈍角對齊於分配通道或收集通道；

【0145】圖11b示出在冷卻通道的端段和分配通道之間的轉變處的圓角段的示意圖；

【0146】圖12a至12d示出用於具有類似於圖8a至8b的中空結構的EUV鏡的基板的示意圖，其中分配通道和收集通道分別以鈍角對齊於入口通道和出口通道，並在圓角段與入口通道或出口通道合併；

【0147】 圖13a至13b示出圖1的投影曝光裝置的鏡子的示意性剖面圖，其具有中空結構，該中空結構具有複數個冷卻通道；

【0148】 圖13c示出圖13a至13b的鏡子在使用具有兩不同插入組件的流體供應裝置進行產生中空結構時的示意圖；

【0149】 圖14a至14c示出具有插入組件的流體供應裝置的第一實例的示意圖，該插入組件具有複數個彎曲管形式的引導通道，用於引導彈性流體管線；
和

【0150】 圖15a至15b示出流體供應裝置的第二示例的示意圖，其中利用積層製造產生插入組件。

【0151】 在以下圖式的描述中，相同的參考標號是指相同或功能相同的組件。

【實施方式】

【0152】 用於EUV微影的光學裝置的微影投影曝光裝置1形式的基本組件在以下參考圖1舉例描述。投影曝光裝置1的基本設置和其組成部分的描述不應被理解為限制於在這情況。

【0153】 投影曝光裝置1的照明系統2的實施例除了光源或輻射源3之外還具有用於照明物件平面6中的物件場5的照明光學單元4。在一替代實施例中，光源3也可作為與照明系統的其餘部分分開的模組。在這情況下，照明系統不包含光源3。

【0154】 配置在物件場5中的倍縮光罩7被照亮。光罩載台8固定倍縮光罩7。可利用光罩位移驅動9移動光罩載台8，特別是在掃描方向上。

【0155】 為了便於說明，圖1中示出笛卡爾xyz坐標系。x方向垂直進入繪圖平面。y方向為水平方向，z方向為垂直方向。掃描方向沿著圖1中的y方向。z方向垂直於物件平面6。

【0156】 投影曝光裝置1包含一投影系統10。投影系統10用於將物件場5成像為圖像平面12中的圖像場11。光罩7上的結構成像到晶圓13的光敏層上，晶圓配置在圖像平面12的圖像場11的區域中。晶圓載台14固持晶圓13。晶圓載台14可藉助於晶圓位移驅動15特別是沿y方向移動。首先，利用光罩位移驅動9移動光罩7，其次，利用晶圓位移驅動15移動晶圓13，可彼此同步實施。

【0157】 輻射源3是EUV輻射源。輻射源3特別是發射EUV輻射16，以下也稱為使用過的輻射、照明輻射或照明光。特別係，所使用的輻射的波長範圍在5 nm和30 nm之間。輻射源3可為電漿源，例如LPP源，即雷射產生的電漿源，或DPP源，即氣體放電產生的電漿源。其也可為基於同步加速器的輻射源。輻射源3可為自由電子雷射器，其也縮寫為FEL。

【0158】 由聚光鏡17聚焦從輻射源3發出的照明輻射16。聚光鏡17可具有一或多個橢圓及/或雙曲面反射表面。聚光鏡17的至少一反射表面可被照明輻射16以切線入射（GI）撞擊，也就是說入射角大於45度，或者以法向入射（NI），也就是說入射角小於45度。可將聚光鏡17結構化及/或塗覆聚光鏡17，首先，優化聚光鏡17對所用輻射的反射率，其次，抑制外來光。

【0159】 利用聚光鏡17下游的中間焦點平面18中的中間焦點傳播照明輻射16。中間焦點平面18可表示具有輻射源3和聚光鏡17的輻射源模組與照明光學單元4之間的分離。

【0160】 照明光學單元4包含一偏光鏡19和一配置在射束路徑下游的第一琢面鏡20。偏光鏡19可為一平面偏光鏡；或者，替代上，一具有超出純偏轉作用的射束影響作用的鏡子。替代或附加上，偏光鏡19可為光譜濾波器，其將照明輻射16的使用的光波長以和具有與其偏離的波長的外來光分離。第一琢面鏡20包括多個單獨的第一琢面21，其在以下中也稱為場琢面。圖1僅以示例的方式描繪了所述琢面21的其中一些。在照明光學單元4的光路徑中，第二琢面鏡22配置在第一琢面鏡20的下游。第二琢面鏡22包括多個第二琢面23。

【0161】因此形成雙面系統的照明光學單元4。這個基本原理也稱為複眼積分器（fly's eye integrator）。利用第二琢面鏡22，各個第一琢面21成像到物件場5中。第二琢面鏡22是物件場5上游的射束路徑中照明輻射16的最後一射束整形鏡或實際上最後一鏡子。

【0162】投影系統10包含複數個鏡子 M_i ，其係根據在投影曝光裝置1的光路徑中的配置被連續標號。

【0163】在圖1的實例中，投影系統10包含六個鏡子M1至M6。替代上，也可具有四、八、十、十二或任何其他個數的鏡子 M_i 。倒數第二個鏡子M5和最後一鏡子M6都具有用於照明輻射16的通孔。投影系統10是雙重遮蔽的光學單元。投影光學單元10的像側數值孔徑大於0.4或0.5，也可以大於0.6，例如可以為0.7或0.75。

【0164】就像照明光學單元4的鏡子一樣，鏡子 M_i 可具有用於照明輻射16的高反射塗層。

【0165】圖2a至2b示出投影系統10的鏡子M4示例，所述鏡子包含基板25，基板25具有表面（輻射入射側27），將反射塗層26塗佈到該表面（輻射入射側27）。在所示的實例中，基板25的材料是熱膨脹係數非常小的摻鈦熔融石英。基板25也可由熱膨脹係數盡可能小的不同材料形成，例如玻璃陶瓷。這些材料是零膨脹材料，其為凹坑組件或具有相對於彼此的正熱膨脹係數和負熱膨脹係數的晶相。這些材料只有一溫度值，在該溫度值對於熱膨脹消失或對溫度變化最不敏感；準確地說，這就是所謂的過零溫度 T_{zc} ，也稱為ZCT。在本文描述的實例中，基板25的材料，即熱膨脹係數非常小的鈦摻雜熔融石英，過零溫度 T_{zc} 介於0°C和100°C之間，通常介於19°C和40°C之間，特別是在19°C和32°C之間。在基板25的整個容積內，過零溫度 T_{zc} 基本維恆定，並且空間變化小於3K、小於2K、小於1K或小於0.1K，空間變化表示最大和最小過零溫度 T_{zc} 之間的差異。

【0166】在所示實例中，基板25為一體成形。在所示實例中，反射塗層26具有由不同折射率實數部分的材料製成的複數個層對，例如，在EUV輻射16的

波長為13.5 nm的情況下，這些層可能由Si和Mo形成。基板25的表面（輻射入射側27）在圖2a至2b中被表示為平面區域，儘管其也可具有曲率。

【0167】在圖2a至2b所示的實例中，基板25具有通道形式的連續中空結構28，箭頭指示出溫度控制流體形式的冷卻劑通過該通道，在本例中，冷卻流體32a能夠流動，在本文描述的實例中，溫度控制流體是水。因此，中空結構28在以下中有時也稱為冷卻通道。應當理解，出於加熱基板25的目的，加熱流體也能夠流過中空結構28。冷卻通道28具有在垂直方向上延伸的第一段28a，也就是說在XYZ坐標系的Z方向上，從形成在基板25的背面29上的冷卻劑入口30開始。垂直方向Z對應於基板25的厚度方向Z。在本文描述的實例中，基板25的頂側（輻射入射側27）和下側29分別垂直對齊於厚度方向Z。

【0168】冷卻通道28的第一垂直段28a鄰接水平延伸段28b，也就是說在X方向上，並且冷卻劑33通過第一垂直段28a流入冷卻通道28的第三段28c，該第三段28c垂直延伸並且通向基板25的背面29上的冷卻劑出口31。除了相對垂直段28a、28c和水平段28b之間的兩轉變之外，圖2a中所示的冷卻通道形式的中空結構28的圓形剖面具有恆定直徑，其在所示實例中為大約1-5 mm的數量級。圖2b所示的連續冷卻通道28不同於圖2a所示的連續冷卻通道28，分別從冷卻劑入口30和冷卻劑出口31開始的每個垂直段28a、28c中的一部分直徑大於水平段28b和分別位於冷卻通道28的水平段28c的轉變處的垂直段28a、28c的短部分。

【0169】為了將冷卻流體32a供應到冷卻劑入口30並從冷卻劑出口31移除冷卻流體32a，在圖1中示意性表示出投影曝光裝置1包含一冷卻裝置32。在所示實例中，冷卻裝置32用於將冷卻水形式的冷卻流體32a利用供應管線（未示出）供應到冷卻通道28或鏡子M4，該供應管線以流體密封方式連接到冷卻劑入口30。冷卻裝置32還包含此處未示出的移除管線，以從冷卻劑出口31移除冷卻流體32a。投影系統10的其他鏡子M1至M3、M5、M6也可具有中空結構28，為了冷卻目的，該中空結構連接到冷卻裝置32或選擇性連接到為此目的提供的額外冷卻裝置。應當理解，原則上，任何鏡子可具有冷卻劑能夠流過的中空結構28。

例如，這可能有關設計成反射DUV/VUV波長範圍、可見波長範圍及/或紅外波長範圍內的輻射的鏡子。還可在投影曝光裝置1中提供溫度控制裝置以代替冷卻裝置32，也就是說用於冷卻及/或加熱鏡子M1-M6的裝置。合適的溫度控制冷卻流體32a可用於加熱，例如在被供應到中空結構28之前已加熱到期望溫度的水。

【0170】圖3中示意性示出用於產生圖2a中冷卻通道28的裝置33。裝置33包含用於產生脈衝雷射輻射35的雷射源34，其在圖3中以虛線表示。雷射源34是超短脈衝雷射源，設計用於產生脈衝持續時間為皮秒量（Picosecond）級的雷射脈衝，例如小於10ps，峰值脈衝功率在MW範圍內。雷射源34被設計成產生波長在近紅外波長範圍內，更準確是脈衝雷射輻射35波長為1030 nm。然而，也可將雷射源34設計成產生具有在可見波長範圍內的波長或在近紅外波長範圍內的另一波長的脈衝雷射輻射35，其中基板25的材料對其是透通的。

【0171】裝置33還包含一掃描光學單元36和一聚焦裝置37。在所示實例中，聚焦裝置37被設計為F-theta透鏡並且用於將脈衝雷射束形式的脈衝雷射輻射聚焦到基板25內的焦點區域39中。掃描光學單元36用於在入射輻射方向Z上將脈衝雷射輻射35輻射到基板25的射束入射側27上，入射方向Z垂直對準於射束入射側27，並且為了在基板25內移動焦點區域39，為此目的，所述掃描光學單元包括可在兩方向上傾斜的電流計鏡子（鏡式檢流計40）。也可在掃描光學單元36內配置兩電流計鏡子來代替電流計鏡子（鏡式檢流計40），每個電流計鏡子都可在一方向上傾斜。也可使用其他類型的鏡子，例如壓電鏡子來代替電流計鏡子。

【0172】如前述，可利用傾斜鏡子（鏡式檢流計40）在基板25內移動焦點區域39。由於F-theta透鏡37在檢流計鏡子（鏡式檢流計40）的不同對準情況下校正場曲率，當鏡子（鏡式檢流計40）傾斜時，焦點區域39在垂直於入射輻射方向Z的XY平面中移動。因此脈衝雷射輻射35在基板25處的入射輻射方向Z基本上對應於基板25的厚度方向Z。

【0173】 在掃描光學單元36的幫助下，焦點區域39沿著消融圖案41移動，其在圖4a中以平面圖示出。消融圖案41具有複數個直線軌跡42，其平行對齊，在Y方向上延伸，並且在所示的實例中，在X方向上彼此等距配置。軌跡42彼此之間的距離相同但並不是強制性；相反也可利用製程在消融圖案41內變化相鄰軌跡42之間的距離。

【0174】 為了產生圖3所示的冷卻通道的垂直段28a，借助於掃描光學單元36，在尚未塗覆的基板25的背面29上的XY平面中產生圖4a所示的消融圖案41。借助於在圖3中非常示意性示出並且作用在用於基板25的載台44上的定位裝置43，基板25在基板25的射束入射側27處沿脈衝雷射輻射35的入射輻射方向Z而向下移位，同時掃描光學單元36產生消融圖案41，如圖5a所示，進行多次。如此，從基板25的背面29開始形成圖3所示的冷卻通道28的垂直段28a。

【0175】 圖3示出中空結構28的產生過程，產生底切時，其底切角在冷卻通道28的垂直段28a和冷卻通道28的水平段28b之間為90度。如果在此過程中，沿垂直段28a的上端橫向引導脈衝雷射輻射35，如圖3所示，為了去除用於產生水平段的材料，這導致脈衝雷射輻射35與其下方的基板25的材料相互作用，則這種相互作用在基板25的材料中引起改變和應力，如圖3中的垂直實線45所示。

【0176】 利用產生不垂直於入射輻射方向Z配置的去除前置件46而改善該問題，參考圖4c。在圖4c的實例中，去除前置件46與入射輻射方向Z之間的角度 α 為45度。然而，相對於入射輻射方向Z的角度 α 還可更大或更小並且例如可在0度和89度之間、10度和80度之間、20度和70度之間或30度和60度之間的範圍內對齊入射輻射方向。

【0177】 在圖4c中，去除前置件46在朝向基板25的輻射入射側27的方向上傾斜，是為了產生冷卻通道28的水平段28b（由於尚未產生，在圖4c的圖示中使用虛線表示水平段28b）並且如圖4c中箭頭所示，在定位裝置43的幫助下在X方向上移動基板25，以沿著去除前置件46連續地消融材料。從圖4c同樣可明顯看出，當所述去除前置件在水平X方向上移動時，以45度角對齊於-X方向的基板25

內去除前置件46的移動方向，去除前置件46的上邊緣46a更靠近基板25的輻射入射側27。當產生中空結構28的水平段28b時，遠離輻射入射面27的去除前置件46的下邊緣46b比去除前置件的上邊緣46a在移動方向上突出得更遠。如此，只有去除前置件46的下邊緣46b與基板25的材料相鄰，因此，在水平段28b的產生期間，可將脈衝雷射輻射35與基板25的材料的相互作用降至最低。從圖4c同樣可明顯看出，脈衝雷射輻射35在輻射入射側27處進入之後從工件25的材料中第一次重新出現在去除前置件46的區域中。

【0178】在圖4c所示的實例中，藉由焦點區域39在入射輻射方向Z上的兩相鄰軌跡42之間在每種狀況下偏移值 Δz 而生成傾斜的去除前置件46，該值在所示實例中為常數，如圖4b所示。在所示的實例中，沿著已經相對於入射輻射方向Z傾斜45度的去除前置件46的相鄰軌跡42之間的距離A，在約0.01 mm和0.5 mm之間，例如約0.03 mm。為了能夠在相鄰軌跡42的遍歷之間在入射輻射方向Z上快速偏移焦點區域39，裝置33包含一聚焦偏移裝置47，其為動態變焦透鏡形式。由控制裝置48控制焦點偏移裝置47，以在入射輻射方向Z上產生偏移。控制裝置48還用於控制雷射源34和掃描儀裝置（掃描光學單元36），以使入射輻射方向Z上的偏移同步於焦點區域39沿相對軌跡42的移動。在所示實例中，所示實例中的冷卻通道28的圓形剖面的直徑約為2 mm。

【0179】圖5a至5b示出用於形成傾斜去除前置件46的另一選擇，其同樣以45度角對齊於入射輻射方向Z。從圖5b可明顯看出，用於產生中空結構28的裝置33不具有焦點偏移裝置。在圖5b所示的裝置33中，脈衝雷射輻射35被聚焦到垂直對齊於入射輻射方向Z的焦點平面FE上。從圖5a可明顯看出，為了形成去除前置件46，在焦點平面FE中的相鄰軌跡42或相對掃描線之間脈衝雷射輻射35的脈衝能量 E_p 逐漸增加，如圖5a中所示軌跡42的線粗度增加。

【0180】控制裝置48作用於雷射源34以增加脈衝能量 E_p 。雷射源34包含一用於調節脈衝能量 E_p 的裝置，例如，該裝置可為聲光調變器或電光調變器形式。這種調變器具有微秒量級或更短的響應時間，並且在每種情況下能夠快速增加

消融圖案41的兩相鄰軌跡42之間的脈衝能量 E_p 。從圖5b可明顯看出，脈衝雷射輻射35對基板25的材料的影响範圍取決於脈衝能量 E_p ，以和其他參數。根據特定參數，例如脈衝雷射輻射35的波長和脈衝雷射輻射35的脈衝持續時間，消融基板25的材料需要一定的臨界值能量密度或強度。從焦點平面FE開始，脈衝能量 E_p 越大，可能發生材料去除的區域範圍就越大。

【0181】圖5b示出了基板25內的能量密度的等值線的範圍，沿著入射輻射方向Z的邊界49仍然可能發生去除。如圖5a中的箭頭所示，由於脈衝能量 E_p 在X方向上遞增增加，可在入射輻射方向Z上移動邊界49並形成圖5b中所示的去除前置件46，其以45度角對齊於入射輻射方向Z。因此，可使用結合圖5a至5b描述的方式形成傾斜的去除前置件46，而為此目的裝置33沒有額外的可移動元件，例如焦點偏移裝置47。如關於圖3的描述，在這情況下，也可通過基板25在Z方向上的向下移動產生通道28的垂直段28a，如圖5b中的箭頭所示。

【0182】圖6a至6c示出產生具有垂直段28a和水平段28b的成角度的中空結構28的三個階段，垂直段28a和水平段28b在圓角段28d或曲線處相互合併。在這情況下，如圖4a至4c中設計用於產生中空結構28的裝置33，也就是說裝置包含一焦點偏移裝置47以形成傾斜的去除前置件46。從圖6a中可明顯看出，在第一階段中由於基板25向下移動而產生垂直通道段28a，導致去除前置件46在基板25內移動並且基板25的材料被連續消融，同時掃描光學單元36保持靜止。由於對材料去除來說重要的是去除前置件46和基板25之間的相對運動，替代方式是，基板25可在入射輻射方向Z上保持靜止並且掃描光學單元36可向上移動，使得去除前置件46在基板25內移動。原則上，也可能發生基板25和掃描光學單元36在Z方向上的疊加運動。

【0183】藉由流體供應裝置50將移除的材料從去除前置件46移除。在所示實例中，流體供應裝置50包含一固定噴嘴51，液體（實例中為水32b）從該噴嘴流出，該液體沿垂直方向流出並供應至去除前置件46。噴嘴51在垂直方向上向上對準使得能夠有針對性從去除前置件46將去除顆粒移除，由於重力作用，從

噴嘴51和中空結構28的垂直段28a的壁之間間隙移去除顆粒。如此，去除前置件46保持基本上沒有沉積物並且可不間斷實施去除作業。同時，供應液體32b允許主動冷卻去除前置件46或處理區，因此減少了基板25中的餘熱。氣體，例如壓縮空氣，作為供應液體32b的替代方案，也可藉助於流體供應裝置50供應到去除前置件46。

【0184】圖6b示出產生中空結構28的過程中的一階段，其中形成了中空結構28的圓角段28d，所述圓角段在中空結構28的垂直段28a和水平段28b之間形成90度角的轉變。當形成圓角段28d時，基板25除了在Z方向上的位移之外，還在X方向上位移，如箭頭所示，並且仍以上述方式形成傾斜45度角的去除前置件46。

【0185】圓角段28d使得軟管52可被引入中空結構28，如圖6c所示，產生中空結構28的水平段28b的期間，所述彈性管追蹤去除前置件46。如此，即使在產生水平段28b的期間，也可從去除前置件46將移除產物有效地移除。由於管道52的連續追蹤，只有基板25的尺寸和管道52的長度可限制中空結構28的可達到長度。

【0186】當產生中空結構時，不必然需要進行上述去除前置件46的傾斜，例如以直線通道形式，通過脈衝雷射輻射35的材料去除處理。即使在意圖產生具有沿直線延伸的較長長度的通道28形式的中空結構的情況下，必須至少部分將流體供應裝置50或一部分的流體供應裝置50引入通道28中，以將清洗流體32b供應到去除前置件46。為此目的，流體供應裝置50可例如包含至少部分引入通道28中的剛性管等。特別是對於需要形成彎曲通道28的情況，流體供應裝置50可包含彈性元件，例如彈性管52形式，其至少部分引入通道28中以便去除前置件46被所述彈性元件的自由端追蹤。噴嘴可連接到管道52的自由端，但這不是強制性。

【0187】從圖6c中同樣可明顯看出，在產生中空結構28的水平段28b的過程中，基板25的材料鄰近遠離基板25的輻射入射側27的去除前置件46的邊緣46b的一側46c。所述側46c遠離工件25的輻射入射側27，也就是說基板25的材料位於

圖6c中去除前置件46的邊緣46b下方。另外，當產生中空結構28的水平段28b時，從去除前置件46的區域出現或從去除前置件46射入中空結構28中的一些雷射輻射35重新進入基板25的材料中，準確地說，在圖6c中通道28形式的中空結構的側面的下邊緣處。

【0188】從圖6c同樣可明顯看出，去除前置件46和通道28的側面57之間成角度 β' ，在所示實例中該側面57是圓柱形的，該角度在以下中也稱為去除前置件角度。在通道28的產生過程中，去除前置件角度 β' 通常至少間歇性比最小去除前置件角度大1度、5度、10度、20度或30度，並且至少間歇性比最大去除前置件角度小89度、85度、80度、70度或60度。在產生通道28的期間的去除前置件角度 β' 可永久大於去除前置件最小角度、及/或永久小於去除前置件最大角度，但這不是強制性。

【0189】圖7a至7b示出在產生中空結構28的過程中的另外兩階段或步驟，其在結合圖6a至6c描述的階段之後。從圖7a中可明顯看出，從基板25的背面29開始，以對應於所示階段的方式，產生中空結構28的另一垂直段28c，其後是在圖6a中另一圓角段28e。在圖7a所示的產生中空結構28的階段，與圖6a相比，去除前置件46的對齊與其成鏡像，並且在-X方向上基板位移以形成水平段28b。從圖7b中可明顯看出，利用連續加工讓鏡像去除前置件46'在水平方向上發生位移，直到所述鏡像去除前置件到達中空結構28的水平段28b的已加工部分，進而產生連續的水平段28b，並且將通道形式的中空結構28開放使其成為連續的。

【0190】當連續的通道28開放時會出現接縫區域53，所述接縫區域在圖7b中兩條相鄰虛線的區域中延伸，在產生通道28的相對部分的期間，形成對應於接縫區域的相對最後去除前置件46、46'。在接縫區域53中通道28的性質，更確切地說，從至少一特性觀點，通道28的壁的性質係不同於接縫區域外部的通道28的壁的性質，或者接縫區域53相對於其餘通道28具有至少一結構修改。

【0191】圖7c示出此類結構修改的三個示例：在圖7c所示的實例中，接縫區域53中的通道28的壁的表面結構首先不同於接縫區域53外部的通道28的壁在

表面結構，因為在接縫區域53的表面結構上可觀察到去除前置件46的邊緣輪廓54。另一去除前置件46'的邊緣輪廓也部分寫入接縫區域53中的通道28的表面結構中，但圖7c中未示出。去除前置件46的邊緣輪廓54在所示實例中以橢圓形方式延伸並且以大約45度角對齊於通道28的側面，也就是說與去除前置件46本身成相同的角度（參見圖6c）。

【0192】在圖7c的實例中，接縫區域53中的通道28的壁上還形成四個突起55，每個突起局部增加了通道28的剖面面積。也可形成讓通道28的剖面面積減少的突起。附加上，通道28的壁在接縫區域53中具有階梯形式的較小側向偏移56；這是因為通道28的兩段的剖面面積略有不同。由於在產生連續開口時通道28的兩段的定位稍微偏離，也可能發生側向偏移。應當理解，為了清楚起見，突起55和橫向偏移56使用放大方式表示。

【0193】由於藉由脈衝雷射輻射35的材料去除製程，使得可在基板25中產生呈彎曲通道28形式的中空結構，所述中空結構的直徑D在1 mm和20 mm之間，特別是在1 mm和5 mm之間，及/或所述中空結構的長度LC至少為10 cm、至少15 cm、至少20 cm或至少70 cm。圖7b所示的通道28的長度LC大於20 cm，且直徑D為5 mm。基板25的過零溫度 T_{zc} 在上述指定的值範圍內並且其在單晶基板25的容積中實際上是恆定，也就是說，過零溫度的變化 ΔT_{zc} ，也就是基板25體積中的最大過零溫度和最小過零溫度之間的差值，同樣在上述指定的值範圍內。

【0194】如結合圖2a至2b所述，可使用上述方式產生用於冷卻液通道的中空結構28。不像上面描述，可從基板25的背面29開始進行去除，而是從基板25的與射束入射側27相對並且配置在基板25內的一側開始。舉例來說，這可為圖2b中的垂直孔的上端，從其開始產生中空結構28的兩垂直段28a、28c。在這情況下，使用混合產生方法產生中空結構28，其中基板25的機械製程與借助於脈衝雷射輻射35的材料去除製程相結合。應當理解，不同配置的孔或空腔，而不是垂直孔，可以用作上述藉由脈衝雷射輻射35產生中空結構28的起點。

【0195】總之，上述方式可將高長寬垂直和水平的肉眼可見的中空結構引入EUV鏡的基板25中。不言而喻，偏離水平或垂直配置的中空結構或中空結構的段也可如此產生。要理解的是，不僅是投影系統10的鏡子M1-M6之一，而且任何其他鏡子，特別是EUV鏡，可使用上述方式處理以產生中空結構。也可通過上述方法產生比單個連續冷卻通道28更複雜的中空結構，例如具有Y分支點或T分支點的中空結構。也可利用上述方式產生具有分支點的中空結構，而不會導致基板材料損壞或在基板材料中出現應力。

【0196】圖8a至8b示出了具有作為投影系統10的一部分的單晶基板125的鏡子M4的實施例的進一步實例。在所示的實例中，基板125的材料是熱膨脹係數非常小的摻鈦熔融石英。基板125也可由具有熱膨脹係數盡可能小的不同材料形成，例如玻璃陶瓷。基板125的過零溫度 T_{ZC} 在上述指定的值範圍內並且在單晶基板125的體積中實際上是恆定，過零溫度的變化 ΔT_{ZC} ，也就是基板125的容積中的最大過零溫度和最小過零溫度之間的差值，同樣在上述指定的值範圍內。

【0197】將反射塗層126塗佈至基板125的表面125a以用於反射EUV輻射16。投影系統10的EUV輻射16撞擊位於反射塗層126內的表面125a的一部分，並且形成該處反射塗層126的光學使用部分（未示出）。為了反射EUV輻射16，反射塗層126包括由具有不同折射率實數部分的材料製成的多個層對，這些層可例如由矽和鉬形成，在這情況下EUV輻射16的波長為13.5 nm。

【0198】基板125具有中空結構127，流體128可流經該中空結構，在所示實例中流體是水。圖8a中箭頭所指的流體128通過側面上的入口開口129進入基板125中，為了流過形成為中空結構127的一部分的複數個冷卻通道131，進而特別對於基板125的塗佈有反射塗層126的表面125a進行冷卻。

【0199】為了將流體128供應到入口開口129並且從圖8a至8b中未示出的出口開口將流體128移除，投影曝光裝置1包含上述溫度控制裝置（冷卻裝置32），其為冷卻裝置形式。在所示實例中，冷卻裝置32用於將冷卻水形式的流體128供應到中空結構127或鏡子M4，並且為此包括此處未示出的供應管線，其

以流體密封的方式連接至入口開口129。冷卻裝置132還包含此處未示出的移除管線，以經由基板125的出口開口或從中空結構127將冷卻水移除。

【0200】從圖8a可明顯看出，流體128經由入口開口129進入中空結構127的入口通道133，所述入口通道形成流體分配器，複數個分配通道134從該流體分配器分支，每個分配通道134連接到複數個溫度控制通道之一，在以下中被稱為冷卻通道131。冷卻通道131配置成距基板125的表面125a約5 mm的距離A'，在所示實例中基板125是平面的，並且平行於表面125a延伸，也就是說平行於XYZ坐標系的XY平面。冷卻通道131在直線上延伸，該直線平行配置並在對應於Y方向的縱向方向上延伸，幾乎遍和基板125的覆蓋有塗層126的表面125a的整體，參考圖8b。從冷卻通道131，流體128經由複數個收集通道136流動到流體收集器，其在圖8b所示的實例中形成為出口通道135。出口通道135具有上述出口開口，圖8a至8b中未示出，流體128經由該出口開口從基板125的中空結構127中流出。

【0201】從圖8b可明顯看出，中空結構127具有第一圓角段137a，相對的分配通道134在該處與冷卻通道131合併。因此，中空結構127還具有第二圓角段137b，相對的冷卻通道131在第二圓角段137b處與收集通道136合併。在所示的實例中，冷卻通道131在對應於Y方向的水平方向上以直線延伸，並且分配通道134和收集通道136在對應於Z方向的垂直方向上以直線延伸。因此，冷卻通道131的縱向軸線以90度的角度 γ 對齊於分配通道134和收集通道136。圓角段137a、137b用於產生盡可能流線型的流動引導，進而避免或至少顯著降低產生擾流，與非圓角、「轉角」90度彎曲的情況一樣。降低擾流的產生也能降低了反射光學元件M4的流動引起的振動。

【0202】對於在90度彎曲處的改良流動引導，如果圓角段137a、137b的曲率半徑R保持恆定是有利的，如圖9a至9d和圖10a至10d中所示。用於最佳流動引導的基本參數由圓角段137a、137b的曲率半徑R與流動直徑D之間的比率表示。

【0203】圖9a至9d示出第一圓角段137a，在圓角段137a的曲率半徑R和圓角段137a的直徑D之間的四種不同比率的情況下，在該處相對的冷卻通道131的端段131a和與端段131a相鄰的分配通道段134a彼此相鄰。在這情況下，在圓角段137a的中心測量曲率半徑R，如圖9a至9d所示。在所有四個實例中，圓角段137a的直徑D都是5 mm。在這情況下，圓角段137a的直徑D對應於分配通道134的直徑D和冷卻通道131的直徑D。在圖9a至9d的圖示中，長度L約為50 mm。從圖9a至9d可明顯看出，在所示的四個實例中，R/D比率分別為 $R/D = 2$ 、 $R/D = 3$ 、 $R/D = 4$ 和 $R/D = 5$ 。

【0204】以類似於圖9a至9d的方式，圖10a至10b示出第二圓角段137b，相對於冷卻通道131的端段131b和相鄰於收集通道段136a的端段131b在該處彼此合併。在圖10a至10b中，圓角段137b的直徑D為10 mm。在圖10a至10b的圖示中，長度L約為60 mm。在圖10a至10b的圖示中，在所示的四個實例中，R/D比率也分別為 $R/D = 2$ 、 $R/D = 3$ 、 $R/D = 4$ 和 $R/D = 5$ 。相對的圓角段137a、137b的直徑D通常在2 mm和20 mm之間，理想地在2 mm和12 mm之間。

【0205】如前述，在曲率半徑R和相對圓角段137a、137b的直徑D之間存在最佳比率，在該比率處離心力以這種方式作用，使得與圓角段137a、137b的內側相比，在圓角段137a、137b的外側流動流體128的壓力僅略微增加，這減少在圓角段137a、137b的上游和下游邊界層分離的狀況。圖9a至9d和圖10a至10d示出了流動流體128的擾流動能超過特定值的區域的輪廓。在這情況下，則假設流體128從分配通道部分(分配通道段134a)或收集通道部分136a流入冷卻通道131的相對端段131a或131b。

【0206】為此目的，圓角段137a、137b的曲率半徑R與圓角段137a、137b的直徑D之間的比率在2和6之間，更好在2.5和5之間，特別有利的是在2.5和3.5之間。在R/D比小於2的情況下，通常無法顯著降低邊界層分離的狀況。R/D比率的最佳值通常在2.5和3.5之間，但最佳值也可選擇性在該值範圍之外。在R/D比率超過6.0的情況下，通常會讓流動狀態惡化。

【0207】實際上，無法藉由常規製程方法在單晶基板125中產生圓角段137a、137b，如上所述。在所示的實例中，只有入口通道133和出口通道135能利用常規製程方法產生，準確地說是藉由在基板125中引入相對的孔。相反，藉由基板125的材料的雷射消融產生分配通道134、冷卻通道131和收集通道136，以下將描述雷射消融。

【0208】為了產生中空結構127的分配通道134、冷卻通道131和收集通道136，脈衝雷射束從基板125的表面125a開始通過基板133的材料輻射到入口通道133的上側，並在其上聚焦，在施加反射塗層126之前，產生具有複數個平行消融路徑的移動圖案，所述消融路徑形成去除前置件130a，其相對於基板25的厚度方向Z以45度角配置。從該位置開始，去除前置件130a在對應於Z方向的厚度方向上相對於基板125進行多次移位，以消融基板125的材料並形成分配通道134。在移動期間，去除前置件130a可保持靜止並且基板125在Z方向上向上移動直到去除前置件130a位於第一圓角段137a的正下方。

【0209】為了產生第一圓角段137a，去除前置件130a或基板125在Z方向和Y方向上以疊加運動移動。在形成第一圓角段137a之後，對應於Z方向的厚度方向成45度角配置的去除前置件130a現在僅在對應於Y方向的冷卻通道131的縱向方向上位移，用於形成所述冷卻通道131或所述冷卻通道131的鄰近分配通道134的端段131a，直到所述去除前置件大致位於冷卻通道131的縱向中心。

【0210】產生收集通道136、第二圓角段137b和冷卻通道131的第二半部或與第二圓角段137b相鄰的端段131b的都類似地藉由雷射消融實施，雷射消融從出口通道135開始，一開始是通過基板125聚焦在出口通道的上側。在該製程中形成的額外去除前置件30b同樣以45度角對齊於基板25的厚度方向或XY平面，但是相較於上述去除前置件130a的XZ平面是鏡像的。以一定角度對齊於去除前置件130a、130b與脈衝雷射束或脈衝雷射輻射的厚度方向或入射輻射方向Z，通常會以圖4a至4c和圖5a及圖5b與其相關的描述中的方式實施。將流體供應到相對的去除前置件130a、130b，使得從相對的去除前置件130a、130b移除消融的材料

或用於冷卻目的。流體供應應用於流體供應，通常以圖6a至6c與其相關的描述中的方式實施，也就是說利用將流體供應至少部分引入中空結構127中的方式。

【0211】 在上述中空結構127中，只有兩段是圓角段137a、137b，而分配通道134、收集通道136和冷卻通道131沿直線延伸。然而，也可藉助於上述雷射消融方法來產生更複雜的中空結構127。圖11a及圖11b示出基板125中的這種中空結構127的示例，其基本上對應於圖8a及圖8b中所示的中空結構127。中空結構127與圖8a及圖8b中的中空結構127的不同之處在於冷卻通道131的曲率較小，其遵循在所示實例中突出彎曲的表面125a的曲率。在圖11b所示的實例中，與分配通道134相鄰的相對冷卻通道131的端部131a以大約115度的角度 γ 對齊。儘管冷卻通道131具有在ZX平面中延伸的曲率，但可為相鄰於圓角段131a的端段131a定義縱向軸線，該縱向軸線界定出角度 γ 。應當理解，圖11a及圖11b中未示出的第二圓角段137b是對應於第一圓角段137a。相對圓角段137a、137b的曲率半徑R與直徑D之間的R/D比通常在上述值範圍內。

【0212】 在圖12a至12d中所示的基板125的情況下，中空結構127設計成基本上類似於圖8a及圖8b中所示的中空結構127，但與圖8a及圖8b的不同之處在於分配通道134和收集通道136不在垂直方向上延伸而是相對於基板125的厚度方向Z以大約25度角配置。類似於圖8a及圖8b所示的中空結構127，圖12a至12d所示的中空結構127在相對的分配通道134或收集通道136與冷卻通道131之間具有兩圓角段137a、137b（未示出）。分配通道134或收集通道136與冷卻通道131之間的角度 γ 在這情況下也是90度，但是其在相對於厚度方向Z傾斜大約25度的平面中延伸，從圖12d中可明顯看出，該圖示出入口通道133的縱軸與相對的分配通道134之間的角度 γ' 約為115度。

【0213】 圖12a至12d所示的中空結構127具有圓角段138，在該段處，相對分配通道134的合併段134b轉變到入口通道134中，更精確地，進入入口通道134的分支段(分配通道段134a)，或者相對收集通道136的合併段136b在此處轉變到出口通道135的分支段135a。在所示實例中，相對的圓角段138的直徑或流動剖

面不為恆定；相反地，流動剖面從分支段(分配通道段134a)開始縮小。如在相對的分配通道134或收集通道136與相對的冷卻通道131之間延伸的兩圓角段137a、137b的情況下，圓角段138的曲率半徑 R 也不為恆定。因此，無法指定曲率半徑 R 與直徑 D 的最佳比率。也可藉助於上述雷射消熔方法來產生圓角段138。

【0214】 應當理解，具有至少一圓角段137a、137b、138的中空結構127不限於前述實例，原則上，其他更複雜的中空結構127，其具有一或多個此段，也可以延伸通過基板125。此外，不僅冷卻通道131具有如有關圖11a及圖11b的描述的曲率，而且分配通道134和收集通道136也可利用彎曲方式延伸。

【0215】 圖13a及圖13b顯示了在所示實例中具有單晶基板225的鏡子M4的另一實例，其是投影系統10的一部分。在所示實例中，基板225的材料為熱膨脹係數很小的摻鈦熔融石英。也可由熱膨脹係數盡可能小的不同材料形成基板225，例如玻璃陶瓷。

【0216】 將反射塗層226塗佈到單晶基板225的表面225a。投影系統10的EUV輻射16撞擊位於反射塗層226內的表面225a的一部分，並且形成該處反射塗層226的光學使用部分（未示出）。為了反射EUV輻射16，反射塗層226包括由具有不同折射率實數部分的材料製成的多個層對，這些層可例如由矽和鉬形成，在這情況下EUV輻射16的波長為13.5 nm。

【0217】 基板225具有中空結構227，流體228可流經中空結構，在所示實例中流體228是水。圖13a中箭頭所指的流體228通過側面上的入口開口229進入基板225中，為了流過形成為中空結構227的一部分的複數個冷卻通道231，進而特別對於基板225的塗佈有反射塗層226的表面225a進行冷卻。

【0218】 為了將流體228供應到入口開口229並從圖13c中未示出的基板225的出口開口將流體228移除，投影曝光裝置1包含冷卻裝置32形式的溫度控制裝置，其在圖1中非常示意性地描述。在所示實例中，冷卻裝置32用於將冷卻水形式的流體228利用供應管線（未示出）供應到冷卻通道28或鏡子M4，該供應管線以流體密封方式連接到入口開口229。冷卻裝置32還包含此處未示出的移除管

線，以從基板225的出口開口或從中空結構227移除冷卻流體32a。為了冷卻目的，投影系統的其他鏡子M1至M3、M5、M6和照明系統2的鏡子也可連接到冷卻裝置32或選擇性連接到為此目的提供的額外溫度控制裝置或冷卻裝置。

【0219】從圖13a可明顯看出，流體228經由入口開口229進入中空結構227的第一空腔233，所述空腔形成流體分配器，複數個分配通道234從該流體分配器分支，每個分配通道連接到複數個冷卻通道231中的一者。冷卻通道231配置成距基板225的表面225a的距離A'為約2 mm至約5 mm，基板225在所示實例中是平面的，並且平行於表面225a延伸，也就是說平行於XYZ坐標系的XY平面。冷卻通道231在直線上延伸，該直線平行配置並在對應於Y方向的縱向方向上延伸，幾乎遍和基板225的覆蓋有塗層的表面225a的整體，參考圖13b。從冷卻通道231，流體228經由複數個收集通道236流動到流體收集器，其在圖13b所示的實例中形成為第二圓柱形空腔235。流體228經由出口開口230從基板225的中空結構227中流出。在所示的實例中，冷卻通道231在對應於X方向的水平方向上以直線延伸，並且分配通道234和收集通道236在對應於Z方向的垂直方向上以直線延伸。因此，冷卻通道231的縱向軸線以90°角對齊於分配通道234和收集通道236。然而，此對齊不是強制性。

【0220】執行以下程序以產生圖13a至13c中所示的中空結構227：首先，藉由機械加工，例如通過研磨或超音波研磨，將形成流體分配器和流體收集器的兩圓柱形空腔233、235引入基板225的材料中。隨後，將基板225浸入液浴中，更準確地說是水浴中，使得水形式的流體228通過入口開口228進入流體分配器的空腔233再通過出口開口230進入流體分配器的空腔235，並填充這些空腔。從圖13c應明白，從填充有流體228的相對空腔233、235開始，利用多光子雷射消融產生與空腔233、235相鄰的複數個短通道段237。

【0221】為了產生通道段237，從基板225的表面225a開始，複數個脈衝雷射束在空腔233的表面處輻射通過基板225的材料，其形成流體分配器，並在該處聚焦。因此，空腔233的頂側形成基板225的一側，其相對於表面225a形式的

輻射入射側。通過相對的輻射入脈衝雷射束，焦點區域以具有複數個平行消融路徑的移動模式移動，這些消融路徑在Z方向上彼此偏移並形成在以45度角對齊於基板225的厚度方向Z上。在Z方向上修改輻射入雷射束的焦點位置導致消融路徑在Z方向上的偏移。

【0222】 從空腔233的表面的通道段237的起始點開始，去除前置件230a在厚度方向上位移多次，也就是說，在Z方向上，燒蝕基板225的材料並相對於基板225形成通道段237。在移動期間，去除前置件230a可保持靜止並且基板225在Z方向上向下移動直到去除前置件230a與空腔233的上側距離大約20-40 mm。為了通過多光子雷射消融產生長度相對較長的通道段237，必須用流體228局部沖洗去除前置件230a，以下將進行更詳細描述。以相對方式利用多光子雷射消融來實施從形成流體收集器的空腔235開始的通道段237產生。在該製程中形成的另外去除前置件230b同樣以約45度角對齊於基板225的厚度方向或XY平面，但是相較於上述去除前置件230a的XZ平面是鏡像的。

【0223】 為了形成圖13a及圖13b所示的中空結構227，從液體浴中將基板225取出並且從空腔233、235中將液體228移除。為了產生其餘的中空結構227，使用流體供應裝置238來將水形式的流體228供應到相對的去除前置件230a、230b，這在圖13c中非常示意性地示出。流體供應裝置238包括兩插入組件239、240和複數個彈性流體管線241。在所示實例中，流體供應裝置238包含七個流體管線241。流體管線241連接到流體供應裝置238的流體供應裝置243，其具有幫浦以通常在數巴（Bar）的壓力下幫浦送彈性流體管線241中的流體228。流體供應裝置243還包含追蹤裝置244，當去除前置件230a、230b在基板225中移動以形成中空結構227時，追蹤裝置244利用彈性流體管線241進行追蹤，更準確地說，是推動彈性流體管線241。舉例來說，追蹤裝置244可以包括捲軸等，相對彈性流體管線241的一部分纏繞在其上。為了追蹤目的，捲軸可在對應於去除前置件的移動速度的恆定角速度下旋轉。應當理解，也可利用其他不同方式形成追蹤裝置244。

【0224】 為了產生中空結構277，將第一圓柱桿狀插入組件239通過入口開口229引入第一空腔233中，直至所述插入組件的端面抵靠在第一空腔233的一端，形成盲孔。在圓周方向上，配置插入組件239使得形成在插入組件239的側面245中的開口246定位在空腔233的壁上，其位置對應於開口246數量的從空腔233開始或分支的複數個通道段237。也可利用在桿狀插入組件239的端面239a上設置橫向突出段來實現插入組件239在圓周方向上的配置，參見圖13c，如圖13b中用虛線所示，該突起為舌狀物並接合在基板225的側面上的相對形狀的凹槽中。

【0225】 為了將彈性流體管線241引入通道部分237，插入組件239在所示實例中包含七個引導通道247；參考圖14a至14c。應當理解，插入組件239也可具有更多或更少個數的引導通道247。從圖14a中可明顯看出，如圖13c所示，在其端面239a的平面圖中顯示了插入組件239，圍繞中央引導通道247配置六個引導通道247。在圖14a至14c所示的實例中，引導通道247是嵌入或鑄造在固體材料中的不銹鋼管，其限定了插入組件39的直徑 D' ，在所示實例中約為9 mm。圓柱形空腔233的直徑 H ，更準確地說是其內壁233a的直徑 H 稍大，約為10 mm。相對引導通道247的內徑 d 約為2 mm。相對的彈性流體管線241的內徑 F 約為1 mm。

【0226】 從圖14a可明顯看出，相對的流體管線241在相對的引導通道247的中心延伸。環形間隙249位於流體管線241和相對引導通道247的內壁247a之間。環形間隙249用於讓流體228返回，利用彈性流體管線241將流體228供應到相對的去除前置件230a、230b。返回的流體228從插入組件239的端面239a流出並從其移除。

【0227】 從圖14b可明顯看出，插入組件239的相對引導通道247具有圓角段250，用於從與插入組件239的縱向對應的 Y 方向平行的方向到與其垂直的方向，改變彈性流體管線214的配置，使得彈性流體管線241可以出現在桿狀插入組件239的側面245中的相對開口246處。利用將形成引導通道247的相對不銹鋼管彎折而產生圓角段250。

【0228】從圖13c和圖14c可明顯看出，插入組件239的側面245中的開口246沿著對應於插入組件239的縱向方向即Y方向之共同線配置。這通常是必需的，因為通道段237同樣沿著對應於空腔233的縱向方向即Y方向之共同線延伸。側面245中相鄰開口246之間的距離A”對應於基板225中兩相鄰通道段237之間的距離。通道段237和插入組件239的側面中的開口246不必沿著共同線延伸；相反，可沿著一共同線偏離配置。

【0229】為了在縱向方向上將側面245中的開口246配置成彼此相鄰，通常需要設計具有不同長度的引導通道247並且相對於彼此扭轉彎曲段250，從圖15a及圖15b應明白顯示插入組件239與圖14a至14c所示的插入組件239的不同之處在於，其利用積層製造方法產生。圖15a及圖15b中所示的插入組件239由圓柱形主體組成，其中在積層製造期間形成引導通道247。

【0230】流體管線241的自由端突出超過插入組件239的側面245並且如圖15b所示，在流體供應裝置238的操作期間突出到通道段237中。為了產生在圖13c中使用虛線示出的中空結構227的部分，利用在脈衝雷射輻射中輻射，在已經形成的通道段237的端面處產生去除前置件230a、230b。已經形成的通道段237的端面形成基板225的與輻射入射側相對的一側，並且去除前置件230a、230b從該側開始相對於基板225移動，憑藉基板225在Z方向上向下移動，直到去除前置件230a與水平延伸的冷卻通道231齊平。替代上，例如，輻射入射的脈衝雷射輻射的焦點位置可在沿去除前置件230a的所有點而向上偏移相同的值，以在基板225中移動去除前置件230a，同時基板225本身保持不動。

【0231】為了形成水平冷卻通道231，去除前置件230a以大約45度角對齊於基板225的厚度方向即Z方向，或相對於脈衝雷射輻射的入射輻射方向在冷卻通道231的縱向方向上，即在X方向上移動，直到其大致位於冷卻通道231的中心。在這情況下，基板225通常是靜止的並且用於將雷射束輻射到基板225上的光學單元以合適的方式移位和移動以便在水平方向上移動去除前置件230a。

【0232】 使用本文未示出的額外流體供應裝置的額外插入組件，通常利用向下移位的基板225從第二空腔235開始藉由多光子雷射消融，同時產生七個收集通道235，或者藉助輻射入射的脈衝雷射輻射的焦點位置在去除前置件230b的每個點處向上移動一恆定值，而基板225保持靜止。去除前置件230b隨後在Y方向上移動，而基板225處於靜止狀態。兩移除前置件230a、230b大約在相對冷卻通道231的中間有重疊，冷卻通道的長度可例如約400 mm，因此形成了連續的冷卻通道231，冷卻通道利用分配通道234連接到作為流體分配器的第一空腔233，並且利用收集通道236連接到作為流體收集器的第二空腔235。

【0233】 以上述方式，可同時產生七個分配通道234、冷卻通道231和收集通道236，因此可顯著減少產生中空結構227所需的時間。為了產生圖13c中所示的中空結構227的其餘七個分配通道234、冷卻通道231和收集通道236，可以使用圖13c中所示的插入組件240，在這情況下，用於流出流體管線241的開口246'相對於第一插入組件239的開口246偏移。第二組的七個分配通道234、冷卻通道231和收集通道236的產生類似於第一組的產生，其是利用將第二插入組件240插入到第一空腔233中。

【0234】 應當理解，與圖13c中所示的不同，第二插入組件240的長度可比第一插入組件239的長度更短。如果是這種情況，可在插入第二插入組件240之前將例如實心圓柱形式的墊片推入空腔233中，使插入組件240抵靠所推入的墊片的端面上。替代上，插入組件240的端面處的一或多個突出部分可作為擋塊或者止檔面，用於限制第二插入組件240在引入空腔233時的移動。附接於第二插入組件240端面的擋塊也可作為舌片，咬合於基板225外側的對應凹槽中，以如前述，使在圓周方向上適當對齊第二插入組件240。

【0235】 在如圖13c所示的複雜中空結構227的產生範圍內，可藉由上述流體供應裝置238由彈性流體管線241以自動方式追蹤複數個同時產生的去除前置件230a、230b。如此可同時產生複數個結構，例如冷卻通道231，使得在產生複雜的中空結構227時能顯著節省時間或提高產生率。

【0236】 上述有關於圖6a至6c的描述的流體供應裝置50可例如設計成關於圖13c、圖14a至14c和圖15a及圖15b的描述的流體供應裝置238。然而，流體供應裝置50也可僅包含流體供應裝置238的一些組成部分，例如流體供應裝置243和可選的追蹤裝置244。追蹤裝置244例如可用於由至少一彈性流體管線241以關於圖6a至6c的描述的彈性管件52形式進行自動追蹤。

【0237】 本發明還包括以下請求項中定義的多個態樣，這些構成說明書的一部分但不是申請專利範圍。

【0238】 實施例1：一種用於在工件（25）中產生中空結構（28）的方法，特別是在用於EUV鏡（M4）的基板中，該方法利用脈衝雷射輻射（35）進行材料去除製程，該方法包含：

將脈衝雷射輻射（35）從輻射入射側（27）輻射至工件（25）中，由對於脈衝雷射輻射（35）為透通的材料來形成工件（25）；

將脈衝雷射輻射（35）聚焦至焦點區域（39）；

藉由將焦點區域（39）沿著移動圖案（41）的相互偏移軌道（42）移動而形成用於工件（25）的材料區域去除的去除前置件（46）；和

藉由在工件（25）中移動去除前置件（46）以產生中空結構（28），去除前置件（46）從相對於輻射入射側（27）的工件（25）的一側（29）開始移動，其特徵在於：

去除前置件（46）沒有垂直對齊於工件（25）的輻射入射側（27）處的脈衝雷射輻射（35）的入射輻射方向（Z），並且在產生中空結構（28）的過程中，至少間歇性形成去除前置件（46）。

【0239】 實施例2：如實施例1所述之方法，其中至少間歇性形成的去除前置件（46），其以角度（ α ）對齊工件（25）的輻射入射側（27）處的脈衝雷射輻射（35）的入射輻射方向（Z），角度（ α ）介於20度和70度之間、優選介於30度和60度之間。

【0240】 實施例3：如實施例1或2所述之方法，其中形成沒有垂直對齊於入射輻射方向（Z）的去除前置件（46），由於焦點區域（39）在入射輻射方向（Z）上偏移，則移動圖案（41）的軌跡（42）在入射輻射方向（Z）上彼此偏移。

【0241】 實施例4：如前述實施例中任一所述之方法，其中該移動圖案（41）的相互偏移軌跡（42）的脈衝雷射輻射（35）的脈衝能量（ E_p ）被改變以形成去除前置件（46），其焦點區域（39）沒有垂直對齊於入射輻射方向（Z），優選在垂直於入射輻射方向（Z）的平面（FE）中移動焦點區域（39）。

【0242】 實施例5：如前述實施例中任一所述之方法，其中在產生中空結構（28）的過程中，去除前置件（46）以橫向於入射輻射方向（Z）的移動方向（-X）在工件內至少間歇性移動以形成中空結構（28）的一段（28b），該段優選基本上平行於輻射入射側（27）延伸，當去除前置件（46）以橫向入射輻射方向（Z）移動時，更靠近輻射入射側（27）的去除前置件（46）的邊緣（46a）優選以角度（ β ）對齊於移動方向（-X），角度（ β ）小於90度，優選小於70度。

【0243】 實施例6：如前述實施例中任一所述之方法，其中在中空結構（28）的產生期間，去除前置件（46）以基本上平行於入射輻射方向（Z）的方式至少間歇性移動，以從工件（25）的與輻射入射側（27）相對的一側（29）開始，產生基本上平行於入射輻射方向（Z）延伸的中空結構（28）的一段（28a），並且優選為了產生基本上平行於入射輻射方向（Z）延伸的中空結構（28）的另一段（28c）。

【0244】 實施例7：如前述實施例中任一所述之方法，其中產生中空結構（28）的第一段（28a、28c）和中空結構（28）的第二相鄰段（28b），其縱向方向（X, Z）之間以角度（ γ ）彼此對齊，角度（ γ ）介於70度和100度之間，優選是90度。

【0245】 實施例8：如實施例7所述之方法，其中在產生中空結構（28）的期間形成圓角段（28d、28e），第一段（28a、28c）和第二段（28b）在所述圓角段彼此合併。

【0246】 實施例9：如前述實施例中任一所述之方法，其中當產生中空結構（28）時使去除前置件（46）與流體（32b）接觸，當去除前置件（46）從工件（25）的遠離輻射入射側（27）的一側（29）開始移動時，流體（32b）優選利用軟管（52）追蹤去除前置件（46）。

【0247】 實施例10：如前述實施例中任一所述之方法，其中該移動工件移動去除前置件（46）。

【0248】 實施例11：如前述實施例中任一所述之方法，其中藉助於掃描光學單元（36）使焦點區域（39）沿移動圖案（41）的相互偏移的軌跡（42）移動，以形成去除前置件（46）。

【0249】 實施例12：如前述實施例中任一所述之方法，其中該基板（25）是單晶並且由鈦摻雜的熔融石英或玻璃陶瓷組成。

【0250】 實施例13：一種EUV鏡（M4），包含：

一基板（25）；

一塗層（26），其塗佈在基板（25）上並用於反射EUV輻射（16），

其特徵在於：

該基板（25）包含至少一中空結構（28），其使用如前述實施例中任一所述之方法產生。

【0251】 實施例14：一種EUV微影系統（1），包含：

如實施例13的至少一EUV鏡（M4）；和一冷卻裝置（32），其設計成允許冷卻流體（32a）流經至少一中空結構（28）。

【0252】 實施例15：一種用於在工件（25）中，特別是在用於EUV鏡（M4）的基板中，產生至少一中空結構（28）的裝置（33），該裝置包含：

一雷射源（34），其用於產生脈衝雷射輻射（35）；

一聚焦裝置(37)，其用於將雷射輻射(35)聚焦到焦點區域(39)中；

一載台(44)，其用於接收工件(25)；

一掃描光學單元(36)，其設計成用於將脈衝雷射輻射(35)輻射到由載台(44)接收的工件(25)的輻射入射側(27)上，並沿著移動圖案(41)的相互偏移軌跡(42)移動焦點區域(39)，以形成用於工件(25)的材料區域去除的去除前置件(46)；和

一定位裝置(43)，其用於從相對於輻射入射側(27)的工件(25)的一側(29)開始在工件(25)內移動去除前置件(46)，以產生中空結構(28)，其特徵在於：

該裝置(33)被設計成形成去除前置件(46)，該去除前置件沒有垂直對齊於由載台(44)接收的工件(25)處的脈衝雷射輻射(35)的入射輻射方向(Z)。

【0253】 實施例16：如實施例15所述之裝置，更包含：

一焦點偏移裝置(47)，其用於在入射輻射方向(Z)上將脈衝雷射輻射(35)的焦點區域(39)偏移；和

一控制裝置(48)，其被設計成控制焦點偏移裝置(47)使得在入射輻射方向(Z)上移動圖案(41)的軌跡(42)相對於彼此偏移以形成沒有垂直對齊於入射輻射方向(Z)的去除前置件(46)。

【0254】 實施例17：如實施例15或16所述之裝置，更包含：

一控制裝置(48)，其被設計成控制雷射源(34)以修改移動圖案(41)的相互偏移軌跡(42)的脈衝雷射輻射(35)的脈衝能量(E_p)，以形成沒有垂直對齊於入射輻射方向(Z)的去除前置件(46)。

【0255】 實施例18：如實施例15至17中任一所述的裝置，其中該定位裝置(43)被設計成在入射輻射方向(Z)上將工件(25)移開，並且優選在至少一橫向於入射輻射方向(Z)的方向(X, Y)上。

【0256】 實施例19：如實施例15至18中任一所述的裝置，更包含：

供應流體裝置（50），設計用於將流體（32b）供應到去除前置件（46），供應流體裝置（50）優選具有彈性管（52），用於在去除前置件（46）時由流體（32b）追蹤從工件（25）的與輻射入射側（27）相對的一側（29）開始移動。

【0257】 實施例20：一種用於反射輻射，特別是用於反射EUV輻射（16）的光學元件（M4），包含：

一單晶基板（125）；

一反射塗層（126），其塗佈在單晶基板（125）的表面（125a）上；和

至少一中空結構（127），其在單晶基板（125）中延伸並且流體（125）可流經中空結構（127），中空結構（127）具有第一段（131a、131b；134b、136b）和第二相鄰段（134a、136a；133a、135a），其相對於彼此以角度（ γ 、 γ' ）對齊，角度（ γ 、 γ' ）介於60度和120度之間，優選介於80度和100度之間，特別是90度，

其特徵在於

該中空結構（127）具有圓角段（137a、137b、138），第一段（131a、131b；134b、136b）和第二段（134a、136a；133a、135a）在圓角段（137a、137b、138）處彼此合併。

【0258】 實施例21：如實施例20所述之光學元件，其中該圓角段（137a、137b）的曲率半徑R與圓角段（137a、137b）的直徑D之間的R/D比在2和6之間，優選在2.5和5之間，特別是在2.5和3.5之間。

【0259】 實施例22：如實施例20或21所述之光學元件，其中該圓角段（137a、137b）的直徑D在2 mm和20 mm之間，優選在2 mm和12 mm之間。

【0260】 實施例23：如實施例20至22中任一所述的光學元件，其中該中空結構（127）包含複數個冷卻通道（131），其延伸到塗佈有反射塗層（126）的表面（125a）下方，並且其中中空結構（127）包括藉由分配通道（134）連接到冷卻通道（131）的流體分配器（33）和藉由收集通道（136）連接到冷卻通道（131）的流體收集器（35）。

【0261】 實施例24：如實施例23所述之光學元件，其中該第一段形成冷卻通道（131）的鄰近分配通道（134）的末端段（131a）並且該第二段形成鄰近該末端段（131a）的分配通道段（134a）及/或其中第一段形成冷卻通道（131）的鄰近收集通道（136）的末端段（131b），並且其中第二段形成鄰近末端段（131b）的收集通道段（136a）。

【0262】 實施例25：如實施例23或24所述之光學元件，其中流體分配器形成一入口通道（133），分配通道（134）從該入口通道分支出來，及/或其中該流體收集器形成出口通道（135），收集通道（136）該從出口通道分支出來。

【0263】 實施例26：如實施例25所述之光學元件，其中該第一段形成與入口通道（133）相鄰的分配通道（134）的合併段（134b），並且其中第二段形成與合併段（134b）相鄰的入口通道（133）的分支段（133a）及/或其中第一段形成鄰近出口通道（135）的收集通道（136）的合併段（136b），其中第二段形成與收集通道（136）的合併段（136b）相鄰的出口通道（135）的分支段（135a）。

【0264】 實施例27：如實施例26所述之光學元件，其中該入口通道（133）的分支段（133a）和該分配通道（134）的合併段（134b）之間的角度（ γ' ）大於90度，優選大於100度，及/或其中該出口通道（135）的分支段和該收集通道（136）的合併段（136b）之間的角度（ γ' ）大於90度，優選大於100度。

【0265】 實施例28：如實施例20至27中任一所述之光學元件，其中該基板（125）的材料選自包括以下所組成的群組：熔融石英、特別是鈦摻雜的熔融石英、以和玻璃陶瓷。

【0266】 實施例29：一種光學配置，特別是EUV微影系統（1），包含：
如實施例20至28中任一所述之至少一光學元件（M4）；和
一溫度控制裝置，特別是設計成讓流體（228）可流經至少一中空結構（227）的冷卻裝置（32）。

【0267】 實施例30：一種流體供應裝置（238），用於藉由多光子雷射從工件去除材料時，優選從特別是用於EUV鏡（M4）的單晶基板（225），將流體（228）供應至少一消融前置件（230a、230b），包含：

至少一彈性流體管線（241），優選複數個彈性流體管線（241），用於將流體（228）供應到至少一消融前置件（230a、230b）；和

至少一插入組件（239、240），其用於插入工件（225）的空腔（233、235），插入組件（239、240）具有至少一引導通道（247），其中至少一彈性流體管線（241）被引導以便將流體（228）供應到至少一消融前置件（230a、230b）。

【0268】 實施例31：如實施例30所述之流體供應裝置，其中該插入組件（239、240）具有複數個引導通道（247），在每個情況下，彈性流體管線（241）在該引導通道中被引導。

【0269】 實施例32：如實施例30或31所述之流體供應裝置，其中在流體管線（241）和引導通道（247）的通道壁（247a）之間形成有流體可流過的間隙，特別是環形間隙（249），以使流體（228）可從消融前置件（230a、230b）返回。

【0270】 實施例33：如實施例30至32中任一所述之流體供應裝置，其中該引導通道（247）具有至少一圓角段（250），用於改變彈性流體管線（241）的方向。

【0271】 實施例34：如實施例30至33中任一所述之流體供應裝置，其中該插入組件（239、240）是桿狀並且該引導通道（247）從插入組件（239）的端面（248）延伸到插入組件（239）的側面（245）。

【0272】 實施例35：如實施例34所述之流體供應裝置，其中該等引導通道（241）合併到插入組件（239）的側面（245）處的開口（246）中，該等開口優選在插入組件（239）的縱向方向（Y）上彼此相鄰配置，特別在該插入組件（239）的縱向方向（Y）上以彼此相等的距離（A）配置。

【0273】 實施例36：如實施例34或35所述之流體供應裝置，其中桿狀插入組件（239）為圓柱形並且優選具有直徑（D）在5mm和10mm之間。

【0274】 實施例37：如實施例30至36中任一所述之流體供應裝置，其中該至少一引導通道（247）的直徑（D）在1 mm和4 mm之間。

【0275】 實施例38：如實施例30至37中任一所述之流體供應裝置，其中該至少一流體管線（241）的外徑（F）為1 mm或更小。

【0276】 實施例39：如實施例30至38中任一所述之流體供應裝置，更包含：一用於將流體（228）供應到至少一彈性流體管線（241）的流體供應裝置（243）。

【0277】 實施例40：如實施例30至39中任一所述之流體供應裝置，更包含：至少一追蹤裝置（244），用於藉由在工件（225）的材料中消融前置件（230a、230b）的至少一彈性流體管線（241）自動追蹤。

【0278】 實施例41：一種用於藉由多光子雷射消融從工件去除材料時如實施例30至40中任一所述之流體供應裝置（238）將流體（228）供應到至少一消融前置件（230a、230b）的方法，特別是從用於EUV鏡（M4）的單晶基板（225）上去除材料，該方法包含：

將插入組件（239、240）插入工件（225）的空腔（233、235）中；和
透過至少一彈性流體管線（241）將流體（228）供應到至少一消融前置件（230a、230b），該流體管線在插入組件（239、240）的至少一引導通道（247）中被引導。

【0279】 實施例42：如實施例41所述之方法，其中在該插入組件（239、240）插入之前，該空腔（233、235）被流體（228）充滿，並且從充滿該流體（228）的該空腔（233、235）開始，藉由雷射消融形成鄰近該空腔（233、235）的複數個通道段（237）。

【0280】 實施例43：如實施例42所述之方法，其中在將插入組件（239、240）插入到空腔（233、235）中之後，從該等通道段（237）開始產生消融前

置件（230a、230b），並在工件（225）的材料中移動以形成複數個通道（231、234、235），其中複數個彈性流體管線（241）追蹤消融前置件（230a、230b）在工件（225）材料中的移動。

【符號說明】**【0281】**

1	投影曝光裝置
2	照明系統
3	輻射源
4	照明光學單元
5	物件場
6	物件平面
7	倍縮光罩
8	光罩載台
9	光罩位移驅動
10	投影系統
11	圖像場
12	圖像平面
13	晶圓
14	晶圓載台
15	晶圓位移驅動
16	照明輻射
17	聚光鏡
18	中間焦點平面
19	偏光鏡
20	第一琢面鏡

21	第一琢面鏡
22	第二琢面鏡
23	第二琢面
25	工件/基板
26	反射塗層
27	輻射入射側
28	連續中空結構
28a	段
28b	段
28c	段
28d	段
28e	段
29	後側
30	冷卻劑入口
31	冷卻劑出口
32	冷卻裝置
32a	冷卻流體
33	裝置
34	雷射源
35	脈衝雷射輻射
36	掃描光學單元
37	聚焦裝置
39	焦點區域
40	鏡式檢流計
41	圖案
42	軌跡

43	定位裝置
44	載台
45	垂直實線
46	去除前置件
46'	反射去除前置件
46b	邊緣
46c	側面
47	焦點偏移裝置
48	控制裝置
49	邊界
50	流體供應裝置
51	固定噴嘴
53	接縫區域
54	邊緣輪廓
55	突起
56	橫向偏移
125	單晶基板
125a	表面
126	反射塗層
127	中空結構
128	流體
129	入口開口
130a	去除前置件
130b	去除前置件
131	冷卻通道
131a	端段（第一段）

131b	端段（第一段）
132	冷卻裝置
133	入口通道
133a	第二相鄰段
134	分配通道
134a	分配通道段
134b	合併段
135	出口通道
135a	第二相鄰段
136	收集通道
136a	第二相鄰段
136b	第一段
137a	圓角段
137b	圓角段
138	圓角段
225	單晶基板
225a	表面
226	反射塗層
227	中空結構
228	流體
229	入口開口
230	出口開口
230a	去除前置件
230b	額外去除前置件
231	冷卻通道
233	圓柱形空腔

233a	內壁
234	分配通道
235	圓柱形空腔
236	收集通道
237	通道段
238	流體供應裝置
239	插入組件
239a	端面
240	插入組件
241	彈性流體管線
243	流體供應裝置
244	追蹤裝置
245	側面
246、246'	開口
247	引導通道
247a	通道壁
248	端面
249	環形間隙
250	圓角段
A、A'、A''	距離
D	直徑
D'	直徑
EP	脈衝能量
F	內徑
FE	焦點平面
H	直徑

L	長度
Lc	長度
M1	鏡子
M2	鏡子
M3	鏡子
M4	鏡子
M5	鏡子
M6	鏡子
R	曲率半徑
TZC	過零溫度
Z	方向
ΔT_{zc}	過零溫度
ΔZ	偏移值
α	角度
β 、 β'	角度
γ 、 γ'	角度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種鏡子，特別是EUV鏡（M4），該鏡子包含：

一基板（125）；

一反射塗層（126），其用於反射輻射，特別是EUV輻射（16），該塗層塗佈於該基板（125）的表面（125a）之上；和

至少一中空結構（127），其在該基板（125）中延伸，並且流體（128）可流經該至少一中空結構（127），該中空結構（127）具有第一段（131a、131b；134b、136b）與第二相鄰段（134a、136a；133a、135a），該第一段與該第二相鄰段彼此以介於60度到120度的角度（ γ 、 γ' ）對齊；和

該中空結構（127）具有圓角段（137a、137b、138），該第一段（131a、131b；134b、136b）與該第二相鄰段（134a、136a；133a、135a）在該圓角段處彼此合併；

其中該圓角段（137a、137b）的曲率半徑R與該圓角段（137a、137b）的直徑D之間的R/D比率在2和6之間。

【請求項2】 如請求項1所述之鏡子，其中該圓角段（137a、137b）的直徑D介於2 mm和20 mm之間。

【請求項3】 如請求項1所述之鏡子，其中該中空結構（127）包含複數個溫度控制通道（131），特別是冷卻通道形式，其在塗佈有該反射塗層（126）的表面（125a）下方延伸，並且其中該中空結構（127）包含流體分佈器和流體收集器，該流體分佈器藉由分配通道（134）連接至該溫度控制通道（131），該流體收集器藉由收集通道（136）連接至該溫度控制通道（131）。

【請求項4】如請求項3所述之鏡子，其中該第一段形成該溫度控制通道（131）的端段（131a），該端段鄰近分配通道（134），且該第二段形成一分配通道段（134a），該分配通道段鄰近該端段（131a），及/或其中該第一段形成該溫度控制通道（131）的端段（131b），該端段鄰近該收集通道（136），並且其中該第二段形成一收集通道段（136a），該收集通道段鄰近該端段（131b）。

【請求項5】如請求項3所述之鏡子，其中該流體分佈器形成一入口通道（133），其從該分配通道（134）分支出來，及/或其中該流體收集器形成一出口通道（135），該收集通道（136）從其分支出來。

【請求項6】如請求項5所述之鏡子，其中該第一段形成靠近該入口通道（133）的該分配通道（134）的合併段（134b），並且其中該第二段形成靠近該合併段（134b）的該入口通道（133）的分支段（133a），及/或其中該第一段形成靠近該出口通道（135）的該收集通道（136）的合併段（136b），並且其中該第二段形成靠近該收集通道（136）的該合併段（136b）的該出口通道（135）的分支段（135a）。

【請求項7】請求項5所述之鏡子，其中該入口通道（133）的該分支段（133a）與該分配通道（134）的該合併段（134b）之間的角度（ γ' ）大於90度，及/或其中該出口通道（135）的該分支段與該收集通道（136）的該合併段（136b）之間的角度（ γ' ）大於90度。

【請求項8】如請求項1所述之鏡子，其中該基板（25）的材料選自包含以下所組成的群組：熔融石英、或摻雜鈦的熔融石英、和玻璃陶瓷。

【請求項9】如請求項1所述之鏡子，其中該基板（25、125）的材料具有過零溫度（ T_{zc} ），其介於 0°C 與 100°C 之間。

【請求項10】如請求項1所述之鏡子，其中該基板（25、125）的材料具有過零溫度的空間變化（ ΔT_{zc} ），其小於3K。

【請求項11】如請求項1所述之鏡子，其中該中空結構，或該通道（28）形式，具有接縫區域（53）。

【請求項12】如請求項11所述之鏡子，其中該中空結構，或該通道（28）形式，具有該去除前置件（46）的邊緣輪廓（54）、至少一突起（55）、橫向偏移（56）或該接縫區域（53）中的另一結構改變。

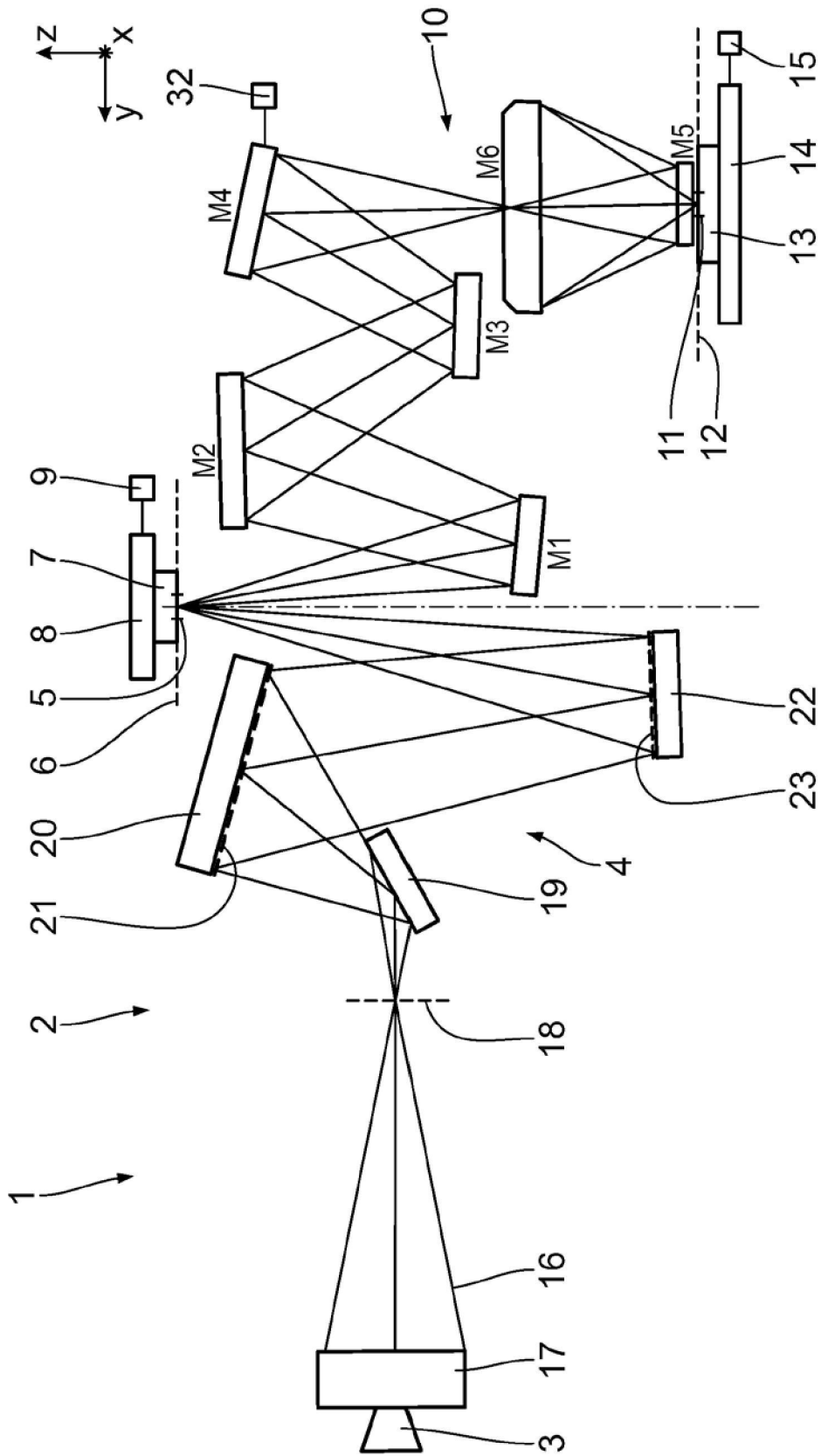
【請求項13】一種鏡子，特別是EUV鏡（M4），該鏡子包含：

一基板（25），包含一彎曲通道（28），液體（32b）可流經該彎曲通道，該通道具有接縫區域（53）；

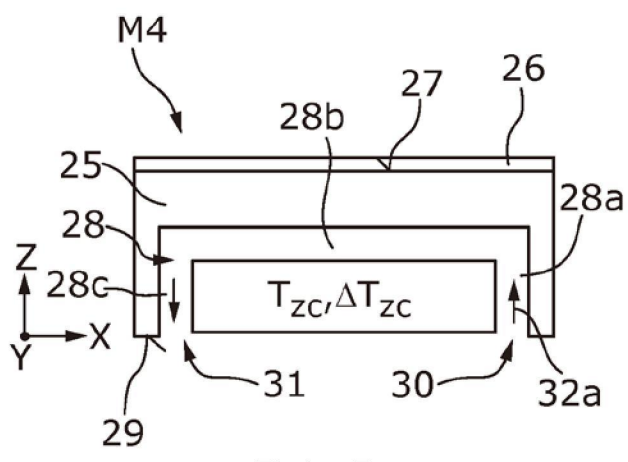
其中該通道（28）具有去除前置件（46）的邊緣輪廓（54）、至少一突起（55）、橫向偏移（56）、或在該接縫區域（53）中的另一結構變化。

【請求項14】一種EUV微影系統（1），包含如請求項1至13中任一項所述之至少一EUV鏡（M4）和一溫度控制裝置，或一冷卻裝置（32）；該冷卻裝置使得溫度控制流體，或冷卻流體（32a、128），可流經該至少一中空結構（127），其特別是以該通道（28）形式。

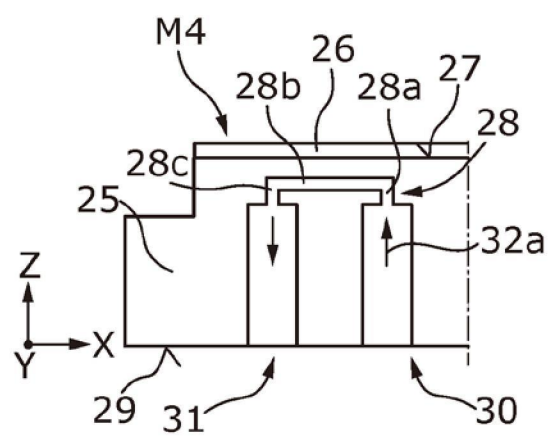
【發明圖式】



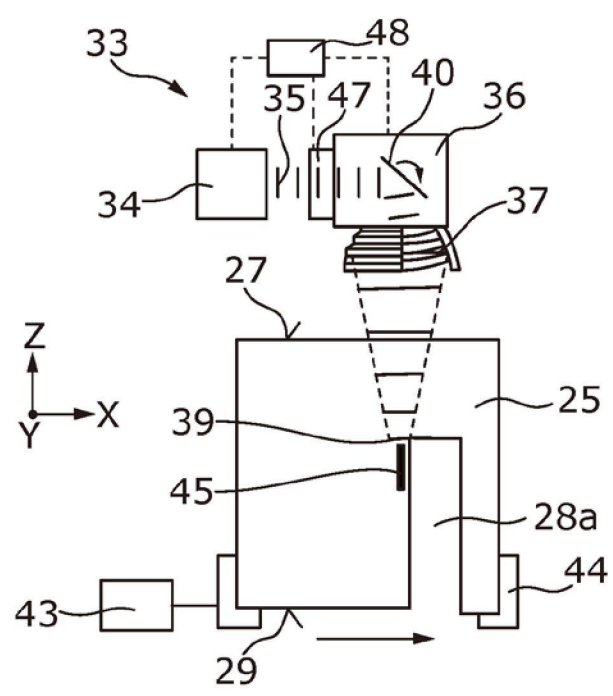
【圖1】



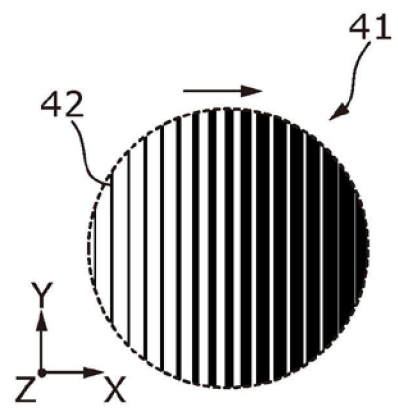
【圖2a】



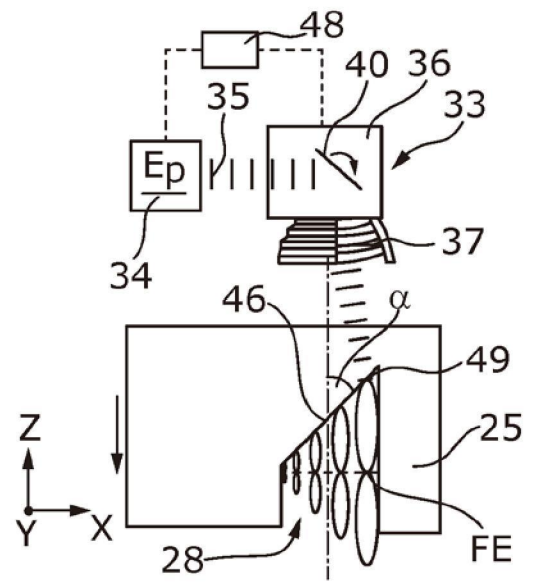
【圖2b】



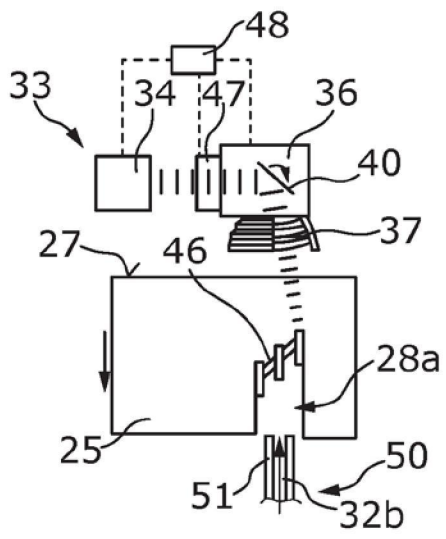
【圖3】



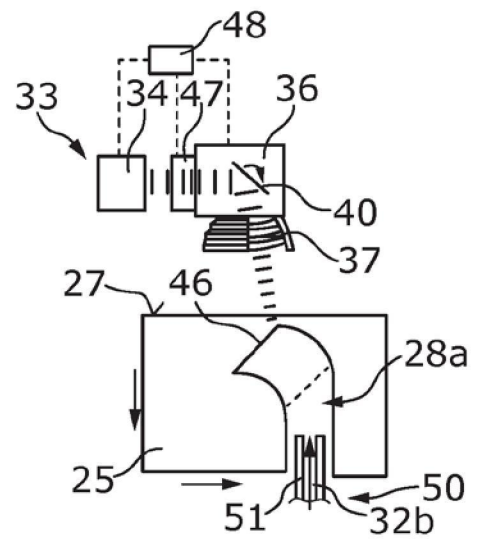
【圖5a】



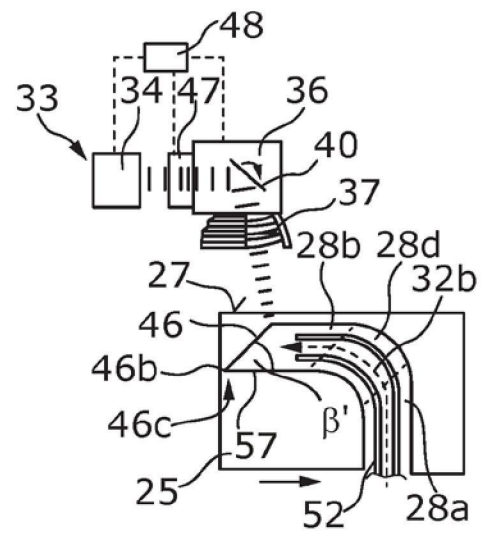
【圖5b】



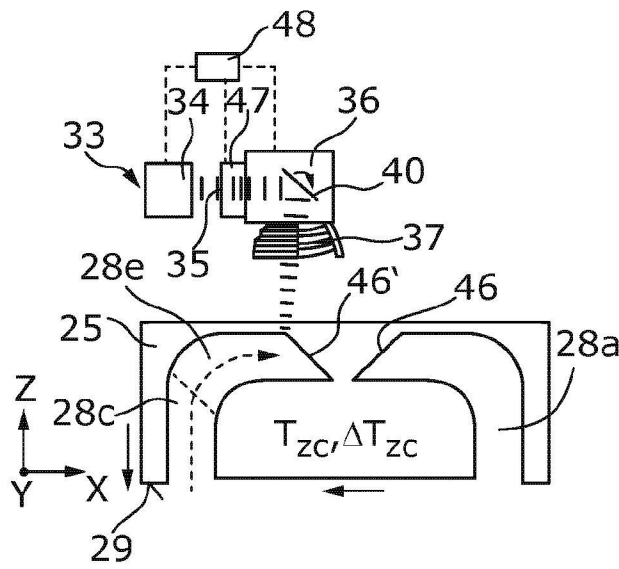
【圖6a】



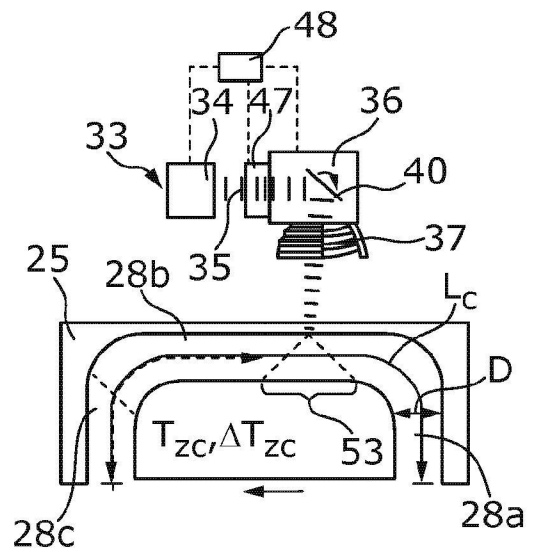
【圖6b】



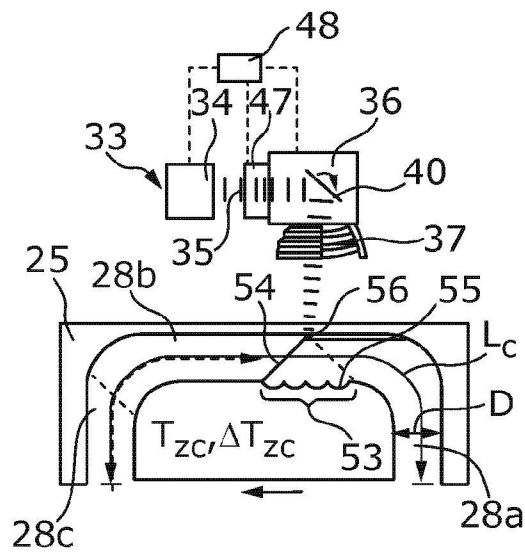
【圖6c】



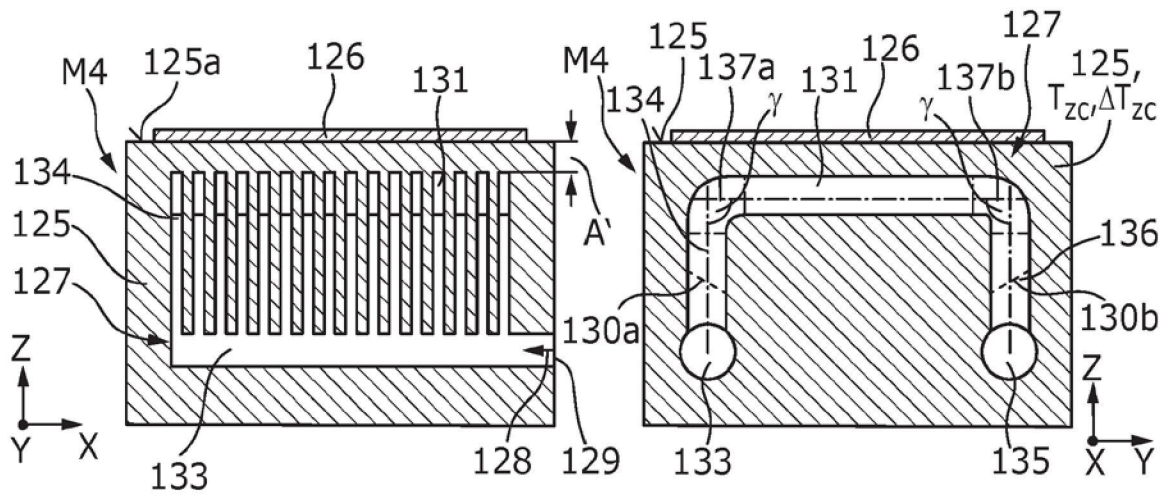
【圖7a】



【圖7b】

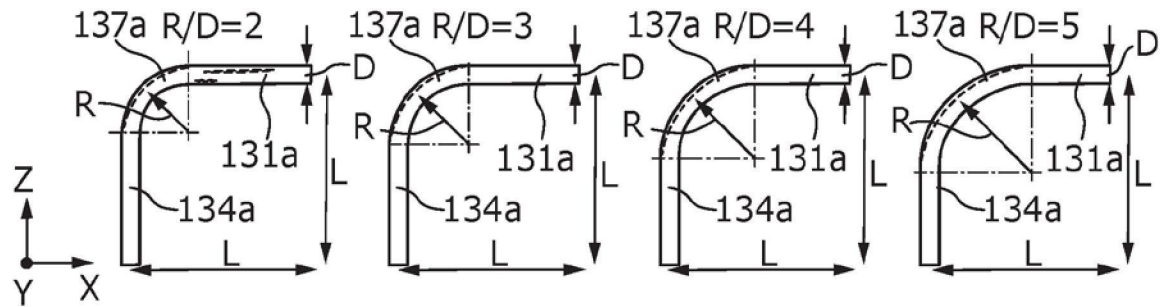


【圖7c】



【圖8a】

【圖8b】

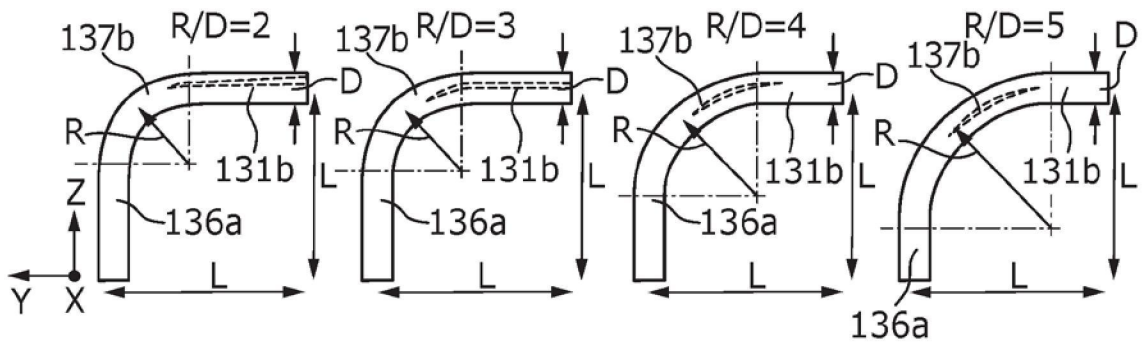


【圖9a】

【圖9b】

【圖9c】

【圖9d】

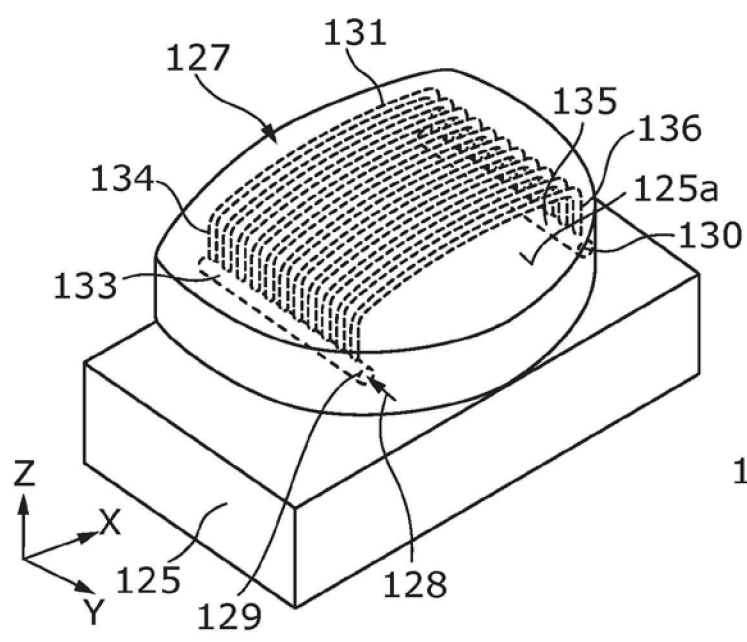


【圖10a】

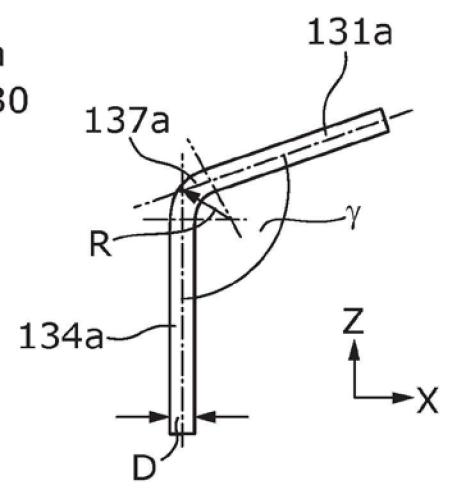
【圖10b】

【圖10c】

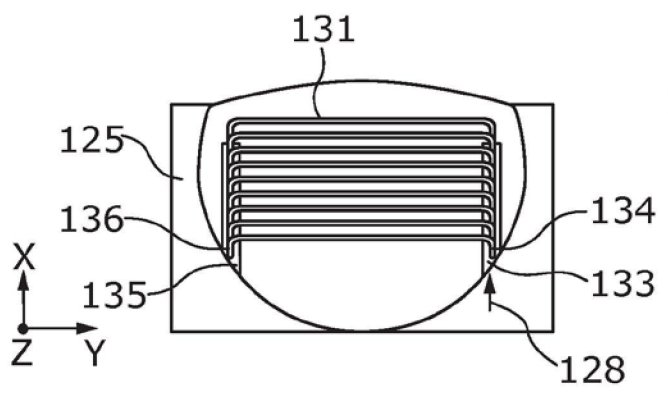
【圖10d】



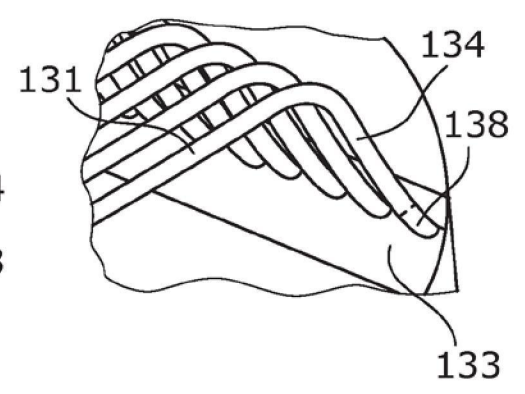
【圖11a】



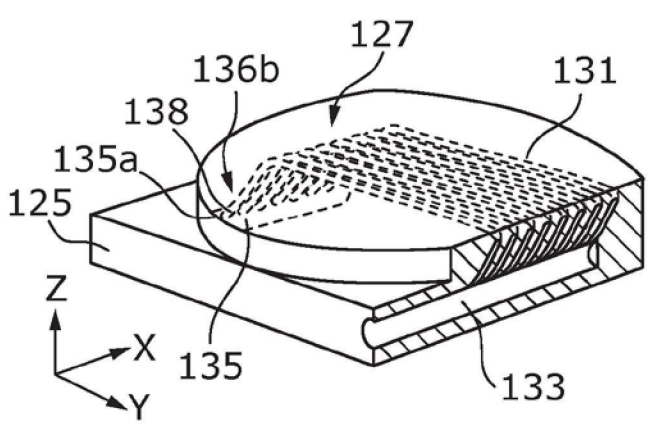
【圖11b】



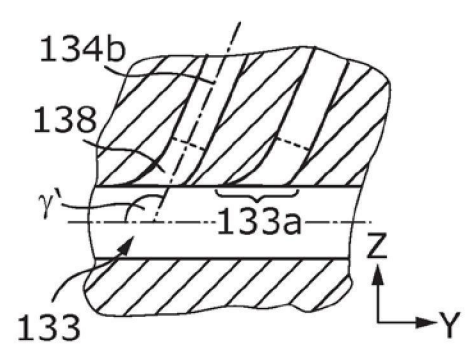
【圖12a】



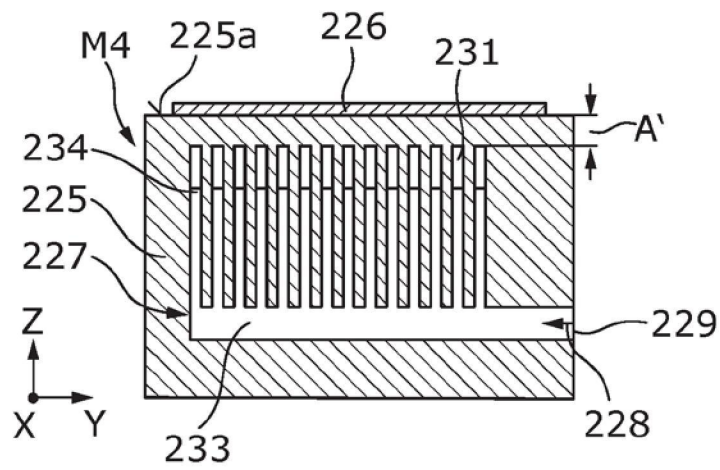
【圖12b】



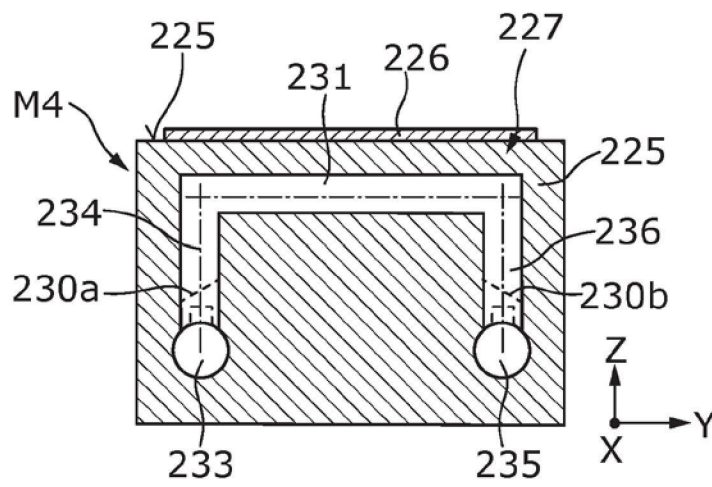
【圖12c】



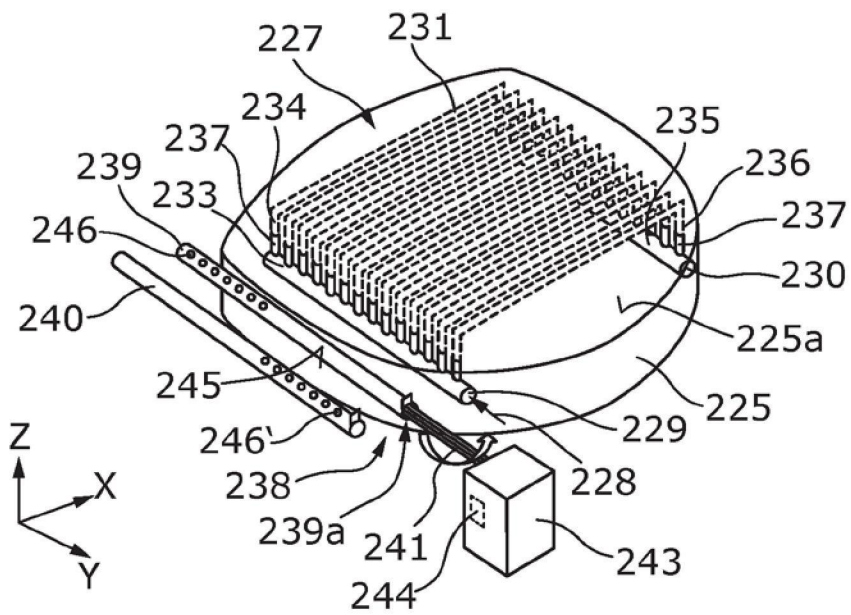
【圖12d】



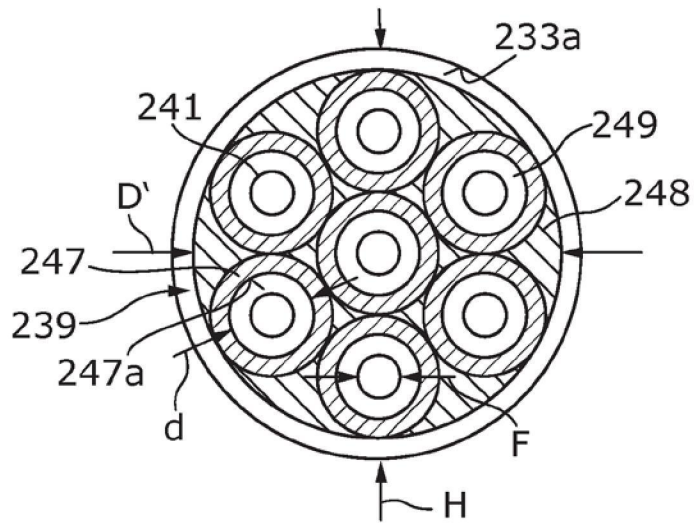
【圖13a】



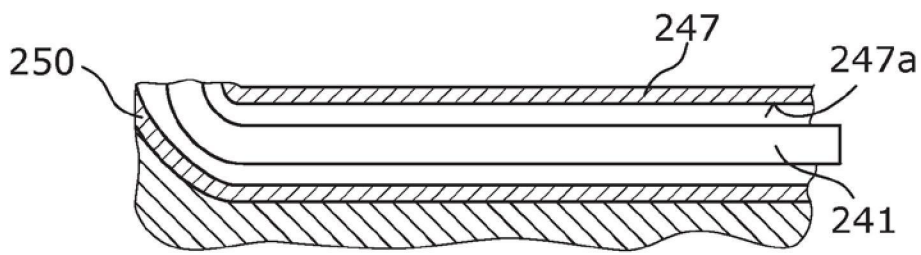
【圖13b】



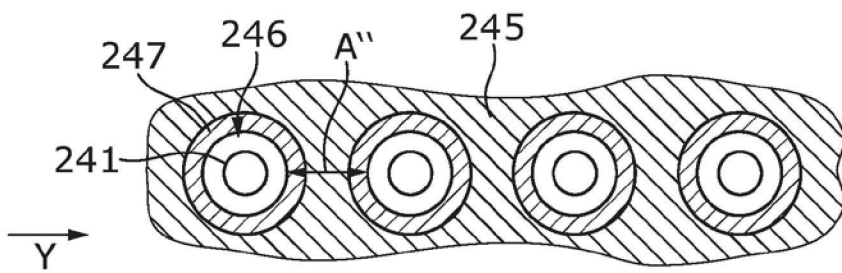
【圖13c】



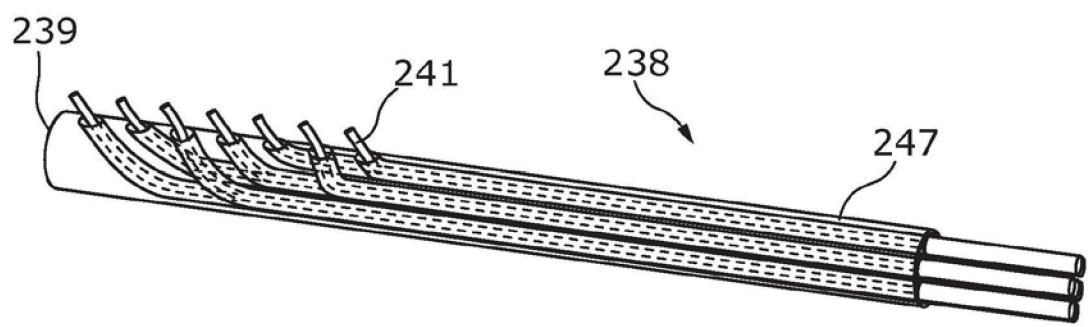
【圖14a】



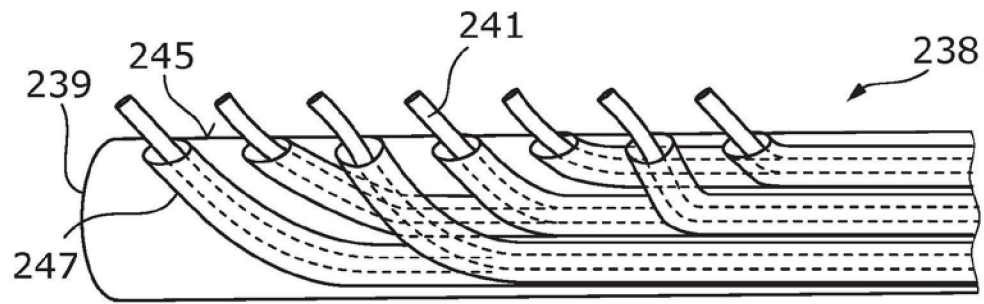
【圖14b】



【圖14c】



【圖15a】



【圖15b】