



(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 202441309 A

(43)公開日：中華民國 113 (2024) 年 10 月 16 日

(21)申請案號：112145754

(22)申請日：中華民國 112 (2023) 年 11 月 27 日

(51)Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) G02B5/08 (2006.01)

(30)優先權：2022/12/13 美國 18/080,109

(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：查塞克 克里斯多夫 ZACZEK, CHRISTOPH (DE)；洛普史崔 艾瑞克 LOOPSTRA, ERIK (NL)；伊凡 艾瑞克 EVA, ERIC (DE)；契也達 珠兒 CHIEDA, DREW (US)；立普森 馬修 LIPSON, MATTHEW (US)；普瑞茲 法爾肯 維克特 PEREZ-FALCON, VICTOR (US)；謝麥許 莫榭 SHEMESH, MOSHE (US)

(74)代理人：李宗德

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：16 項 圖式數：6 共 45 頁

(54)名稱

微影投射曝光設備的反射鏡的製造方法

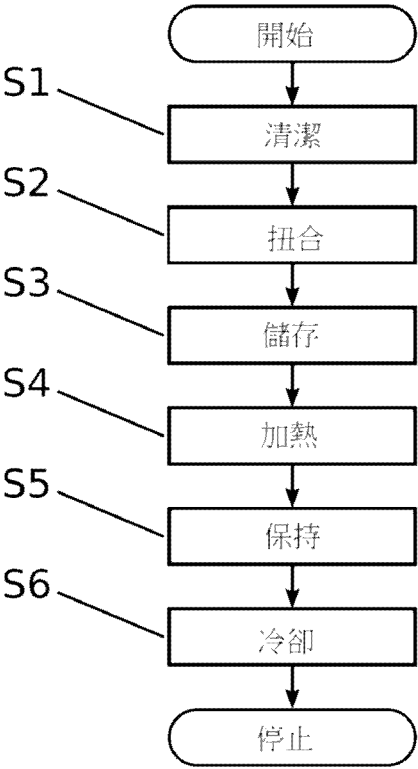
(57)摘要

本發明係關於一種微影投射曝光設備(1)的反射鏡(26)的製造方法，包括設置第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)，其在第一反射鏡部件(27)的第一連接表面(29)和第二反射鏡部件(28)的第二連接表面(30)的區域內接觸。為了在第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)之間形成一持久連接，第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)被加熱到至少 400°C 的一保持溫度，並在保持時間內保持在該保持溫度。在保持時間過後，第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)以最大 100 K/h 的第一冷卻速率冷卻至第一冷卻溫度。

The invention relates to a method for producing a mirror (26) of a microlithographic projection exposure apparatus (1), a first mirror part (27) and a second mirror part (28) being provided, which are in contact in the region of a first connecting surface (29) of the first mirror part (27) and a second connecting surface (30) of the second mirror part (28). For forming a durable connection between the first mirror part (27) and the second mirror part (28), the first mirror part (27) and the second mirror part (28) are heated up to a holding temperature of at least 400°C and are kept at the holding temperature during a holding time. After the holding time has elapsed, the first mirror part (27) and the second mirror part (28) are cooled down to a first cooling temperature at a first cooling rate of a maximum of 100 K/h.

指定代表圖：

符號簡單說明：
S1-S6: 步驟



【圖5】

【發明摘要】

【中文發明名稱】 微影投射曝光設備的反射鏡的製造方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR PRODUCING A MIRROR OF A
MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

【中文】

本發明係關於一種微影投射曝光設備(1)的反射鏡(26)的製造方法，包括設置第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)，其在第一反射鏡部件(27)的第一連接表面(29)和第二反射鏡部件(28)的第二連接表面(30)的區域內接觸。為了在第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)之間形成一持久連接，第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)被加熱到至少400°C的一保持溫度，並在保持時間內保持在該保持溫度。在保持時間過後，第一反射鏡部件(27)和第二反射鏡部件(28)以最大100 K/h的第一冷卻速率冷卻至第一冷卻溫度。

【英文】

The invention relates to a method for producing a mirror (26) of a microlithographic projection exposure apparatus (1), a first mirror part (27) and a second mirror part (28) being provided, which are in contact in the region of a first connecting surface (29) of the first mirror part (27) and a second connecting surface (30) of the second mirror part (28). For forming a durable connection between the first mirror part (27) and the second mirror part (28), the first mirror part (27) and the second mirror part (28) are heated up to a holding temperature of at least 400°C and are kept at the holding temperature during a holding time. After the holding time has elapsed, the first mirror part (27) and the second mirror part (28) are cooled down to a first cooling temperature at a first cooling rate of a maximum of 100 K/h.

【指定代表圖】 圖5

【代表圖之符號簡單說明】

S1-S6 步驟

【發明說明書】

【中文發明名稱】 微影投射曝光設備的反射鏡的製造方法

【英文發明名稱】 METHOD FOR PRODUCING A MIRROR OF A
MICROLITHOGRAPHIC PROJECTION EXPOSURE APPARATUS

【技術領域】

【0001】 本發明係關於微影投射曝光設備的反射鏡的製造方法。本發明也關於微影投射曝光設備的反射鏡、照明光學單元、投射光學單元、和微光影投射曝光設備。

【先前技術】

【0002】 微影投射曝光設備特別用於半導體的生產，且通常具有照明光學單元和投射光學單元。照明光學單元從光源的光中產生所需的光分佈，用於遮罩(reticle)的照明，遮罩通常也稱做光罩(mask)。在這種情況下，光應從電磁輻射的一般意義上來理解，即對特定波長沒有限制。因此，在下文中，術語「光」和「輻射」係作為同義詞使用，即光源也可稱作輻射源，光分佈也可稱作輻射分佈，依此類推。使用投射光學單元，將遮罩成像到光敏材料上，光敏材料例如施加於晶圓或其他基板，其特別是由半導體材料製成。通過這種方式，光敏材料以結構化的方式暴露在由遮罩所預定義的圖案中。由於遮罩具有微小的結構元件，其旨在以高準確度轉移到基板上，因此要求照明光學單元精確且可重複地產生所需的光分佈，且投射光學單元精確且可重複地進行成像。

【0003】 除了其他光學元件之外，照明光學單元和投射光學單元可在光路中具有至少一個反射鏡，其通過在其光學表面的反射以預定的方式偏轉光。光偏轉的具體發生方式取決於光學表面的形成，特別是其形狀。例如，光學表面可形成為金屬層或具有交替折射率的一系列層。無論光學表面的形成如何，都

不可能實現完美的反射，因此部分光總是被吸收並導致反射鏡升溫。升溫反過來又伴隨著熱膨脹，並因此導致反射鏡、特別是光學表面的變形，這最終可能導致反射鏡的光學特性發生變化。

【0004】為了盡可能減少反射鏡的加熱對其光學特性的影響，反射鏡可由具有極低熱膨脹係數的材料製成。這種材料可具有一零交叉溫度，在該零交叉溫度附近，熱膨脹特別低，理想情況下甚至為零。因此，在使用此類材料時，通常應努力在其零交叉溫度下或在其零交叉溫度附近操作反射鏡。這反過來又會產生這樣的效果：零交叉溫度應盡可能與反射鏡在預期操作條件下所假定的溫度完全對應，或者應略高於該溫度。略高於反射鏡的預期操作溫度的零交叉溫度的優點是，由於光強度的最大值所造成的反射鏡局部加熱的情況只會導致反射鏡產生非常小的膨脹。

【0005】從 US 10,427,974 B2 中可以知道，通過熱處理可以影響摻雜石英玻璃的熱膨脹係數及其相對於溫度的增加。

【0006】舉例來說，如果反射鏡打算具有冷卻通道，或者如果反射鏡打算大於可用於生產反射鏡的坯料，則由多於一個部件來形成反射鏡可能是有利的，甚至是必要的。

【0007】DE 10 2020 208 648.6 中已知帶有冷卻通道的多部件反射鏡，該文獻不是先前出版物。

【0008】由多於一個部件形成的反射鏡的一個問題是，如何將反射鏡的個別部件連接起來，以滿足微影光學部件的高要求。

【發明內容】

【0009】本發明係基於形成微影投射曝光設備的多部件反射鏡的目的，使其滿足非常高的光學要求，並在預期的操作條件下具有很大的尺寸穩定性。特別是，反射鏡在預期的操作條件下經歷非常小的熱致變形。

【0010】此目的通過請求項 1 的特徵組合來實現。

【0011】 在本發明用於製作微影投射曝光設備的反射鏡的方法的情況下，設置第一反射鏡部件和第二反射鏡部件，其在第一反射鏡部件的第一連接表面和第二反射鏡部件的第二連接表面的區域中接觸。為了在第一反射鏡部件和第二反射鏡部件之間形成一持久連接，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件被加熱到至少 400°C 的一保持溫度，並在一保持時間內保持在該保持溫度。在保持時間過後，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件以最大為 100 K/h 的第一冷卻速率冷卻至第一冷卻溫度。

【0012】 本發明的方法具有允許在反射鏡部件之間形成非常持久連接的優點。形成這種連接的過程在下文中也稱作接合(bonding)。本發明方法的另一個優點是，由其生產的微影投射曝光設備的多部件反射鏡滿足非常高的光學要求，並可形成為使其在預期操作條件下具有很大尺寸穩定性。特別地，反射鏡可形成為使其在預期的操作條件下經歷非常小的熱致變形。這可通過以零交叉溫度形成的反射鏡來實現，其中零交叉溫度在相關體積上進行平均且與預定值的偏差非常小及/或零交叉溫度在此相關體積內僅具有很小的空間變化，因此非常均勻。此處特別相關的是反射鏡體積的區域，這些區域排列在距離其光學表面非常小的距離處，以至於它們可使反射鏡變形到不允許的程度。

【0013】 本發明的一個重要發現是，用於連接反射鏡部件的熱處理會對反射鏡的零交叉溫度產生影響，在設計熱處理時應考慮到這一點，以便能夠生產出特別高品質的反射鏡。換言之，通過接合，可改變已被極力設定為期望值的用於生產反射鏡部件的材料的零交叉溫度。出於這個原因，在根據本發明的方法中，舉例來說，選擇相對較低的冷卻速率，因此可以隨時、並盡可能地在反射鏡部件的整個體積內精確地監控熱處理過程。

【0014】 例如，低冷卻速率的優點是，當冷卻速率發生變化時，反射鏡部件的體積的不同區域中溫差相對較小。這進而使得反射鏡的零交叉溫度的不均勻性相對較小。另一個優點是，將反射鏡部件保持在一定溫度的烘箱的溫度誤差或反射鏡部件本身的溫度誤差不會對零交叉溫度的均勻性產生如此強烈的影

響。低冷卻速率通常比高冷卻速率對零交叉溫度的絕對值影響更大。然而，在生產反射鏡部件的材料時已經考慮到了這一點。

【0015】 熱處理可以在空氣或惰性氣體環境中進行。同樣地，也可以在真空條件下進行熱處理。

【0016】 第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可以以中間產品的形式提供，該中間產品是通過扭合第一反射鏡部件的第一連接表面和第二反射鏡部件的第二連接表面而產生的。這使得進行熱處理變得更加容易，因為反射鏡部件不必單獨處理，且在熱處理過程中無需費力將反射鏡部件相對於彼此正確定位。此外，如果先前已經成功扭合，則接合成功的可能性很大，因為在接合過程中，反射鏡部件的連接表面必須非常緊密地靠在一起，且連接表面必須滿足與扭合相似的接合前提條件。此外，還可以在熱處理前調查中間產品是否存在可能的缺陷。例如，缺陷可能是連接表面之間的夾雜物。如果發現缺陷，中間產品可能會被剔除或進行其他處理。因此，可避免對有缺陷的中間產品進行複雜的熱處理。

【0017】 在扭合過程中，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可結合在一起，使得第一連接表面的部分區域和第二連接表面的部分區域接觸並形成一共同的接觸表面，並通過繼續沿滾動方向將第一反射鏡部件和第二反射鏡部件結合在一起來增加接觸表面的尺寸。

【0018】 第二反射鏡部件已經扭合至第一反射鏡部件上的共同接觸表面與第一和第二連接表面的非扭合區域之間的過渡區也稱作扭合前沿。繼續將第一反射鏡部件和第二反射鏡部件連接在一起的效果為，扭合前沿在滾動方向上以受監視的方式前進。這種連續扭合的優點為，在整個扭合操作過程中可非常精確地監控兩個反射鏡部件之間的相對對齊情況，並可避免不希望發生的自發扭合。此外，在扭合操作中的任何時候，扭合前沿的區域與周圍區域之間都存在流體連接，因此可確保氣體隨時從此區域排除，並可在很大程度上防止連接表面之間的氣體夾雜物。

【0019】第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可結合使得與第一反射鏡部件的接觸首先發生在鄰接第二反射鏡部件的外輪廓的第二表面的區域中。類似地，也可將第一反射鏡部件和第二反射鏡部件結合在一起，使得與第一反射鏡部件的接觸首先發生在第二連接表面的中心區域中。這使得執行扭合操作的方式能夠適應相應的情況，特別是第二反射鏡部件的形成。

【0020】在第二反射鏡部件的背離第二連接表面的一側，可設置用於形成光學表面的區域。

【0021】第一反射鏡部件的第一連接表面及/或第二反射鏡部件的第二連接表面可具有曲率。彎曲的第一個連接表面及/或第二連接表面是有利的，特別是當設想在第二反射鏡部件上形成彎曲的光學表面時，因為這樣例如恆定的厚度是可能的，因此第二反射鏡部件的均勻可變形性是可能的。此外，可輕鬆地在冷卻通道和光學表面之間建立恆定的距離。第一連接表面及/或第二連接表面的曲率可對應於反射鏡的預期光學表面的曲率。

【0022】還可能的是，第一反射鏡部件具有第一連接表面，該第一連接表面以平面方式形成或沿至少一個方向具有大的平均曲率半徑，特別是大於 10 m 的平均曲率半徑。那麼，可使用薄的第二反射鏡部件，特別是厚度為 0.5 mm 至 10 mm 的第二反射鏡部件，其具有以平面方式形成的第二連接表面。如果第二反射鏡部件具有冷卻通道，則從冷卻通道的底部來決定厚度。這種薄的第二反射鏡部件的優點在於，其第二連接表面可以變形，從而與第一反射鏡部件的第一個連接表面的形狀相適應。這意味著不需要費力地生產具有彎曲的第二連接表面的第二反射鏡部件。

【0023】對於 633 nm 的波長 λ ，第一反射鏡部件的第一連接表面及/或第二反射鏡部件的第二連接表面的形狀可與預定形狀的偏差小於 $\lambda/2$ ，較佳為小於 $\lambda/10$ 。第一反射鏡部件的第一連接表面及/或第二反射鏡部件的第二連接表面可具有小於 5 nm、較佳小於 1 nm 的粗糙度。在這種情況下，術語「粗糙度」是指與光滑表面之間隨機分佈的偏差。準確成型且光滑的連接表面使扭合和接合更

加容易，降低了氣體夾雜物的風險並增加了連接的承載能力。在扭合或接合之前，兩個連接表面的其中一者可適應兩個連接表面中另一個的實際形狀。以此方式，可進一步提高準確度。

【0024】還可能的是，第一連接表面的曲率形成為凸狀且第二連接表面的曲率形成為凹狀，或者第一連接表面的曲率形成為凹狀且第二連接表面的曲率形成為凸狀，且當第一反射鏡部件和第二反射鏡部件結合在一起時，凸曲率的平均曲率半徑的絕對量小於凹曲率的平均曲率半徑的絕對量。這具有的優點為可確保局部的連續扭合，因為兩個連接表面之間的距離隨著距扭合前沿的距離增加而增加。在距扭合前沿一定距離處發生不期望的扭合的風險降低了。此外，氣體夾雜物的風險也降低了。

【0025】在加熱至保持溫度之前，中間產物可在至少為 80°C 且至多為 400°C 的儲存溫度下儲存至少 2 小時、較佳至少 12 小時、特佳至少 24 小時的儲存時間。較佳地，儲存溫度為至少 160°C，特佳為至少 250°C。另外，保存溫度較佳為至多 350°C。在這些溫度下儲存的優點是多餘的水分會從反射鏡部件的連接表面區域擴散出去，且強度提高。特別地，無水材料有利於在隨後的保持溫度下的熱處理過程中形成共價鍵。如果選擇例如 400°C 至 550°C 範圍內的相對較低的值作為保持溫度，則在低儲存溫度下進行較長時間的儲存，例如在最高為 250°C 的保持溫度下儲存一至兩週。

【0026】特別地，將第一反射鏡部件和第二反射鏡部件加熱至至少為 500°C、較佳至少為 600°C、特佳至少為 700°C 的保持溫度。在高保持溫度的協助下，可實現反射鏡部件的特別耐用的連接，因為這樣會形成特別大量的共價鍵。

【0027】第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可加熱至最高為 900°C 的保持溫度。除了上述優點之外，高保持溫度也伴隨有缺點，即熱處理對零交叉溫度的影響更大。透過上述保持溫度的最大值，可以實現良好的折衷。

【0028】第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可在最大為 150K/h、較佳最大為 100K/h 的加熱速率下加熱至保持溫度。緩慢加熱的優點為，反射鏡部件的內部區域和外部區域之間形成的應力較小，且有更多的時間用於水的向外擴散。

【0029】保持時間可至少 8 為小時，較佳至少為 12 小時，特佳至少為 20 小時。保持時間長的優點為反射鏡部件之間的連接具有更大的拉伸強度，因為形成了更多的共價鍵。為了能夠有效地進行生產，保持時間較佳最長為 72 小時、特佳最長為 48 小時。

【0030】第一冷卻溫度可為 700°C 或更低。具體地，第一冷卻溫度可為 600°C 或更低。第一冷卻速率較佳為 50K/h 或更低。具體地，第一冷卻速率在 1 K/h 至 20 K/h 之間。較低的冷卻速率的優點為，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件在整個體積上的冷卻相對均勻。避免了較高的空間溫度梯度，且整個體積中溫度隨時間的變化是相似的。這又導致了反射鏡中零交叉溫度的分佈相對均勻。

【0031】在以第一冷卻速率冷卻到第一冷卻溫度之後，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可以大於第一冷卻速率的第二冷卻速率冷卻到第二冷卻溫度，第二冷卻溫度小於第一冷卻溫度。第二冷卻溫度可為 500°C 或更低，較佳為 400°C 或更低。第二冷卻速率可為 150 K/h 或更小。特別地，第二冷卻速率落在 5 K/h 至 100 K/h 之間。在冷卻至第二冷卻溫度之後，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可朝室溫的方向進一步冷卻。進一步冷卻可在第三冷卻速率下進行，該第三冷卻速率至少最初具有比第二冷卻速率更大的值。在低冷卻溫度下使用更大的冷卻速率可顯著加快熱處理速度，而不會明顯損失反射鏡的質量，因為在低冷卻溫度下，冷卻曲線對反射鏡的零交叉溫度的影響顯著低於在高冷卻溫度下。

【0032】第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可被冷卻為使得在 20K 的溫度間隔內形成的冷卻速率的滑動平均值在從 900°C 至 700°C 的溫度範圍內在第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件的整個體積中隨時間具有相同的相對變化，除了最大 2K/h 的偏差之外。這意味著冷卻可以這樣的方式進行：在考慮到相應的可能存在的時間差之後，第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件的所有位置處的

此滑動平均值隨時間的變化最多相差 2 K/h。較佳地，在 900°C至 700°C的溫度範圍內的滑動平均值的偏差最大為 1 K/h。此外，可以規定，在 700°C至 500°C的溫度範圍內的滑動平均值的偏差最大為 4K/h，較佳最大為 2K/h。在這一規定的協助下，可實現所生產的反射鏡始終如一的高品質。在這種情況下，透過在低溫下稍大的容差，可以反過來加速熱處理，而不會產生任何大的不利影響。此外，第一反射鏡部件和第二反射鏡部件可被冷卻為使得歸因於熱處理的反射鏡的零交叉溫度的不均勻性最大為 ± 1 K，較佳最大為 ± 0.5 K。這些容差特別應保持在與其光學表面橫向重疊且深度上從光學表面延伸到冷卻通道(即從光學表面延伸到冷卻通道的起點)的反射鏡的體積區域內。類似地，這些容差也可能被維持在與其光學表面橫向重疊且在深度上從光學表面延伸至冷卻通道下方 1cm 的反射鏡的體積區域內。

【0033】 第一冷卻速率及/或第二冷卻速率可根據第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件的材料成分來選擇。具體地，根據第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件的 OH 含量及/或鈦含量來選擇第一冷卻速率及/或第二冷卻速率。由於熱處理對反射鏡的零交叉溫度的影響取決於反射鏡部件的材料成分，因此可藉由在設計熱處理時考慮材料成分來提高反射鏡性能、特別是其零交叉溫度的可實現精確度。

【0034】 第一冷卻速率及/或第二冷卻速率可根據反射鏡的期望平均零交叉溫度來選擇。這樣就可生產出平均零交叉溫度與預定值偏差非常小的反射鏡。具體地，第一冷卻速率及/或第二冷卻速率可根據反射鏡的體積區域內的期望平均零交叉溫度來選擇，該體積區域與其光學表面橫向重疊且在深度上從光學表面延伸至冷卻通道或至冷卻通道下方 1 公分。

【0035】 為了決定第一冷卻速率及/或第二冷卻速率，可分析用於生產第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件的材料樣本。可特別地規定，所述材料樣本以相同的方式經歷第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件的材料的所有熱處理。以此方式，可非常精確地調整第一冷卻速率及/或第二冷卻速率，以適應第一反射

鏡部件及/或第二反射鏡部件的材料成分，而沒有任何損壞反射鏡部件的風險，因此對於所生產的反射鏡的平均零交叉溫度可達到很高的精確度和很低的偏差。

【0036】 本發明還關於一種微影投射曝光設備的反射鏡，其具有第一反射鏡部件、第二反射鏡部件、以及用於光反射的光學表面。第一反射鏡部件和第二反射鏡部件透過熱處理在第一反射鏡部件的第一連接表面和第二反射鏡部件的第二個連接表面的區域中彼此持久地連接。反射鏡在與光學表面橫向重疊且在深度上從光學表面延伸至 1 cm 的一體積區域內具有一平均零交叉溫度，該平均零交叉溫度與預定值的最大偏差為 ± 1 K。在此體積區域中，預定值可能會隨著與光學表面距離的增加而減少。

【0037】 儘管熱處理對零交叉溫度有影響，但透過藉助於根據本發明的方法將第一反射鏡部件和第二反射鏡部件彼此連接，仍可以實現這種精確的平均零交叉溫度。較佳地，平均零交叉溫度偏離預定值最大為 ± 0.5 K，特佳最大為 ± 0.2 K。

【0038】 如果不考慮在根據本發明的方法中考慮到的熱處理對反射鏡的過零度溫度的影響(藉助熱處理將反射鏡部件彼此連接)，幾乎不可能實現如此高的準確性。

【0039】 第一反射鏡部件的第一連接表面及/或第二反射鏡部件的第二連接表面可具有曲率。在這種情況下，第一反射鏡部件的第一連接表面的曲率可能不是旋轉對稱地形成，因此其具有不同的平均曲率半徑，及/或第二反射鏡部件的第二連接表面的曲率該部分不是旋轉對稱地形成，因此其具有不同的平均曲率半徑。

【0040】 冷卻通道可形成在第一反射鏡部件及/或第二反射鏡部件中。在這種情況下，反射鏡可在與其光學表面橫向重疊並在深度上從光學表面延伸到冷卻通道(即，從光學表面延伸到冷卻通道的起點)的體積區域內具有一平均零交叉溫度，其偏離預定值最大為 ± 1 K、較佳最大為 ± 0.5 K、特佳最大為 ± 0.2 K。

如果反射鏡具有冷卻通道，則此條件可取代前述的條件，其涉及從光學表面到 1 cm 深度的體積區域，與任何冷卻通道無關，因此在反射鏡具有冷卻通道的情況下，體積區域可延伸到小於 1 cm 的深度。類似地，反射鏡也可能在與其光學表面橫向重疊並在深度上從光學表面延伸至冷卻通道下方 1 cm 的體積區域內具有一平均零交叉溫度，其偏離預定值最大為 ± 1 K、較佳最大為 ± 0.5 K、特佳最大為 ± 0.2 K。在所提到的體積區域中，預定值在每種情況下可隨著與光學表面的距離的增加而減少。冷卻通道可形成為朝向第一反射鏡部件的第一連接表面及/或朝向第二反射鏡部件的第二連接表面開放。

【0041】 在每種情況下，冷卻通道可配置為使其最大的縱向延伸部分橫向地位於用於光學表面的區域內。這使得可有效地冷卻對溫度引起的光學表面變形影響特別大的區域。

【0042】 此外，冷卻通道可平行於光學表面延伸。這可使得光學表面的冷卻特別均勻。具體地，冷卻通道可到達光學表面 1 至 6 mm 的距離。第二反射鏡部件的第二連接表面和光學表面之間的形狀偏差可最大為 3 mm，較佳為不超過 20 μm 。

【0043】 在一改進中，相鄰冷卻通道之間的淨距離不超過 15 mm，較佳不超過 5 mm。冷卻通道之間的小距離可實現有效且均勻的冷卻，且可有助於第二反射鏡部件在扭合期間的可變形性，特別是在滾動方向橫向於第二反射鏡部件的冷卻通道的情況下。具體地，冷卻通道的寬度、相鄰冷卻通道之間的淨距離、以及冷卻通道與光學表面之間的距離的值可大致相同。

【0044】 冷卻通道的橫向尺寸可為 0.2 至 10 mm。冷卻通道的深度(即大致垂直於第一反射鏡部件的第一連接表面或第二反射鏡部件的第二連接表面的橫向尺寸)可大於冷卻通道的寬度(即垂直於深度的橫向尺寸)。具體地，冷卻通道的深度可大於冷卻通道的寬度的兩倍。因此，在相同的流動橫截面的情況下，冷卻通道中的流體壓力而導致反射鏡光學表面變形的風險較小，因為由平行於

光學表面區域的冷卻通道所形成的空腔的表面面積的比例小於具有小深度的寬冷卻通道的情況。

【0045】第一反射鏡部件可比第二反射鏡部件有更大的厚度。這可實現光學表面的有效冷卻，同時實現反射鏡的良好機械穩定性。

【0046】本發明還關於一種具有根據本發明形成及/或透過根據本發明的方法生產的反射鏡的照明光學單元。

【0047】本發明還關於一種具有根據本發明形成及/或透過根據本發明的方法生產的反射鏡的投影光學單元。

【0048】最後，本發明關於一種具有根據本發明的照明光學單元及/或根據本發明的投射光學單元的微影投射曝光設備。

【圖式簡單說明】

【0049】下文將基於附圖中所表示的示例性具體實施例來更詳細地解釋本發明，其中：

【0050】圖 1 示意性地顯示了用於 EUV 投射微影的投射曝光設備在經向截面中的示例性具體實施例；

【0051】圖 2 顯示了用於 DUV 投射微影的投射曝光設備的示例性具體實施例的示意圖；

【0052】圖 3 以示意截面圖顯示由本發明方法所製造的反射鏡的範例性元件；

【0053】圖 4 以進一步的示意截面圖顯示圖 3 所示的反射鏡的第一示例性具體實施例；

【0054】圖 5 顯示了一流程圖，用以解釋本發明在連接下部和上部時的程序；以及

【0055】圖 6 以示意截面圖顯示上部扭合至下部過程中的快照。

【實施方式】

【0056】 圖1示意性地顯示了用於EUV投射微影的投射曝光設備1在經向截面中的示例性具體實施例。

【0057】 在下文中，首先通過參考圖 1 的示例來描述微影投射曝光設備 1 的基本組成部件。對投射曝光設備 1 及其組件的基本結構的描述不應理解為限制。

【0058】 除了光源或輻射源 3 外，投射曝光設備 1 的照明系統 2 的一具體實施例還具有照明光學單元 4，其用於照明物平面 6 中的物場 5。在替代具體實施例中，輻射源 3 也可提供作為獨立於其餘照明系統的模組。在這種情況下，照明系統不包含輻射源 3。

【0059】 對配置於物場 5 中的遮罩 7 進行曝光。遮罩 7 由遮罩保持器 8 保持。遮罩保持器 8 可通過遮罩位移驅動器 9 進行位移，特別是在掃描方向上。

【0060】 為了便於解釋，笛卡爾 xyz 座標系統顯示於圖 1。x 方向垂直進入繪圖平面。y 方向水平地行進，且 z 方向垂直地行進。掃描方向沿圖 1 中的 y 方向行進。z 方向垂直於物平面 6。

【0061】 投射曝光設備 1 包含投射光學單元 10。投射光學單元 10 用於將物場 5 成像到影像平面 12 中的影像場 11。影像平面 12 平行於物平面 6。或者，物平面 6 和影像平面 12 之間的角度也可能不同於 0°。

【0062】 結果表明，遮罩 7 上的結構被成像到晶圓 13 或某些其它基板的光敏層上，晶圓 13 配置在影像平面 12 中的影像場 11 的區域中。晶圓 13 由晶圓保持器 14 保持。晶圓保持器 14 可通過晶圓位移驅動器 15 進行位移，特別是沿 y 方向位移。一方面藉由遮罩位移驅動器 9 進行遮罩 7 的位移，另一方面藉由晶圓位移驅動器 15 進行晶圓 13 的位移，這兩個位移可以彼此同步的方式進行。

【0063】 輻射源 3 為 EUV 輻射源。輻射源 3 發出照明輻射 16，其在下文中也稱作使用輻射或照明光。在所顯示的示例性具體實施例中，照明輻射 16 具有 EUV 範圍內的波長，特別是在 5 nm 至 30 nm 之間的範圍。輻射源 3 可為電漿

源，例如 LPP 源(雷射產生電漿)或 GDPP 源(氣體放電產生電漿)。它也可能是基於同步加速器的輻射源。類似地，輻射源 3 可為自由電子雷射器(FEL)。

【0064】從輻射源 3 射出的照明輻射 16 由集光器 17 聚焦。集光器 17 可為具有一或多個橢球體及/或雙曲面反射面的集光器。照明輻射 16 可以掠入射(GI)(即入射角大於 45°)、或以法線入射(NI)(即入射角小於 45°)入射在集光器 17 的至少一反射表面上。集光器 17 可為結構化的及/或具有塗層的，一方面用於最佳化其對照明輻射 16 的反射率，且另一方面用於抑制外來光。

【0065】在集光器 17 的下游，照明輻射 16 傳播通過中間焦平面 18 中的中間焦點。中間焦平面 18 可表示輻射源模組(具有輻射源 3 和集光器 17)與照明光學單元 4 之間的分離。

【0066】照明光學單元 4 包含偏折反射鏡 19 及在射束路徑中配置在其下游的第一琢面反射鏡 20。偏折反射鏡 19 可為平面偏折反射鏡，或者為具有超越純粹偏轉效應的射束影響效應的反射鏡。替代地或補充地，偏折反射鏡 19 可實施為光譜濾光器，其將照明輻射 16 的使用光波長與具有與其偏離的波長的外來光分離。如果第一琢面反射鏡 20 配置在作為場平面與物平面 6 光學共軛的照明光學單元 4 的平面上，則它也稱作場琢面反射鏡。第一琢面反射鏡 20 包含多個個別的第一琢面 21，其在下文中也稱作場琢面。圖 1 中僅舉例顯示了這些琢面 21 中的一些。

【0067】第一琢面 21 可實施為宏觀琢面，特別為矩形琢面或具有弧形週邊輪廓或部分圓的週邊輪廓的琢面。第一琢面 2 可實施為平面琢面或可選地實施為凸形或凹形彎曲的琢面。

【0068】例如從 DE 10 2008 009 600 A1 中已知，第一琢面 21 本身也可在每種情況下由多個單獨的反射鏡組成，特別是多個微反射鏡。第一琢面反射鏡 20 可特別地形成為微機電系統(MEMS 系統)。有關詳細資訊，請參閱 DE 10 2008 009 600 A1。

【0069】在集光器 17 和偏折反射鏡 19 之間，照明輻射 16 水平地傳播，即沿 y 方向傳播。

【0070】在照明光學單元 4 的射束路徑中，第二琢面反射鏡 22 配置在第一琢面反射鏡 20 的下游。如果第二琢面反射鏡 22 配置在照明光學單元 4 的光瞳平面上，則它也稱作光瞳琢面反射鏡。第二琢面反射鏡 22 也可配置在距照明光學單元 4 的光瞳平面一定距離處。在這種情況下，第一琢面反射鏡 20 和第二琢面反射鏡 22 的組合也稱為鏡面反射器(specular reflector)。鏡面反射器已揭露於 US 2006/0132747 A1、EP 1 614 008 B1 和 US 6,573,978。

【0071】第二琢面反射鏡 22 包含多個第二琢面 23。在光瞳琢面反射鏡的情況下，第二琢面 23 也稱作光瞳琢面。

【0072】第二琢面 23 同樣可為宏觀琢面，其可例如具有圓形、矩形或六邊形的週邊，或者為由微反射鏡組成的琢面。在這方面，同樣參考了 DE 10 2008 009 600 A1。

【0073】第二琢面 23 可具有平面或可選的凸形或凹形彎曲的反射表面。

【0074】因此，照明光學單元 4 形成一個雙琢面系統。此基本原理也稱作蜂巢形聚光器(蠅眼積分器)。

【0075】將第二琢面反射鏡 22 不完全地配置在與投射光學單元 10 的光瞳平面光學共軛的平面上可能是有利的。特別地，第二光瞳琢面反射鏡 22 可配置成相對於投射光學單元 10 的光瞳平面傾斜，例如在 DE 10 2017 220 586 A1 中所作的描述。

【0076】在第二琢面反射鏡 22 的協助下，個別第一琢面 21 被成像到物場 5 中。第二琢面反射鏡 22 是最後一個射束成形反射鏡，或者實際上是在物場 5 之前的射束路徑中用於照明輻射 16 的最後一個反射鏡。

【0077】在未示出的照明光學單元 4 的進一步具體實施例中，特別有助於將第一琢面 21 成像到物場 5 中的透射光學單元可配置在第二琢面反射鏡 22 和物場 5 之間的射束路徑中。透射光學單元可具有正好一個反射鏡，或者可具有兩

個或更多反射鏡，其在照明光學單元 4 的射束路徑中一個接一個地排列。透射光學單元可特別包含一個或兩個法線入射反射鏡(NI 反射鏡)及/或一個或兩個掠入射反射鏡(GI 反射鏡)。

【0078】在圖 1 所示的具體實施例中，照明光學單元 4 在集光器 17 的下游具有正好三個反射鏡，其具體為偏折反射鏡 19、場琢面反射鏡 20、和第二琢面反射鏡 22。

【0079】在照明光學單元 4 的進一步具體實施例中，也不需要偏折反射鏡 19，因此照明光學單元 4 可在集光器 17 的下游具有恰好兩個反射鏡，其具體為第一琢面反射鏡 20 和第二琢面反射鏡 22。

【0080】通過第二琢面 23 或使用第二琢面 23 和透射光學單元將第一琢面 21 成像到物平面 6 中通常只是近似成像。

【0081】投射光學單元 10 包含多個反射鏡 M_i ，這些反射鏡按照它們在投射曝光設備 1 的射束路徑中的排列連續編號。

【0082】在圖 1 所示的示例中，投射光學單元 10 包含六個反射鏡 M_1 至 M_6 。具有四個、八個、十個、十二個或任何其他數量的反射鏡 M_i 的替代方案同樣是可能的。投射光學單元 10 是雙重遮蔽光學單元。倒數第二個反射鏡 M_5 和最後一個反射鏡 M_6 在每種情況下都有一個通孔，在晶圓 13 的曝光期間，有助於曝光的輻射通過該通孔從遮罩 7 傳遞到晶圓 13。投射光學單元 10 具有大於 0.5 的影像側數值孔徑，也可大於 0.6，且可例如為 0.7 或 0.75。

【0083】反射鏡 M_i 的反射表面可實施為沒有旋轉對稱軸的自由曲面。替代地，反射鏡 M_i 的反射表面可設計為非球面表面，反射表面形狀具有恰好一旋轉對稱軸。就像照明光學單元 4 的反射鏡一樣，反射鏡 M_i 可具有用於照明輻射 16 的高反射塗層。這些塗層可設計為多層塗層，特別是鋁和矽的交替層。

【0084】投射光學單元 10 在物場 5 中心的 y 座標和影像場 11 中心的 y 座標之間的 y 方向上具有大的物像偏移。在 y 方向上的物像偏移可與物平面 6 和影像平面 12 之間的 z 距離大致相同。

【0085】特別地，投射光學單元 10 可具有變形(anamorphic)形式。特別是，它在 x 和 y 方向上具有不同的成像尺度 β_x 、 β_y 。投射光學單元 10 的兩個成像尺度 β_x 、 β_y 較佳為 $(\beta_x, \beta_y) = (+/- 0.25, +/- 0.125)$ 。正成像尺度 β 意指沒有影像反轉的成像。成像尺度 β 的負號表示具有影像反轉的成像。

【0086】因此，投射光學單元 10 導致在 x 方向上(即在垂直於掃描方向的方向上)比例為 4：1 的尺寸減小。

【0087】投射光學單元 10 導致在 y 方向上(即在掃描方向上)尺寸減小了 8：1。

【0088】其他成像尺度同樣是可能的。在 x 方向和 y 方向上具有相同符號和相同絕對值的成像尺度也是可能的，例如絕對值為 0.125 或 0.25。

【0089】在物場 5 和影像場 11 之間的射束路徑中，x 方向和 y 方向的中間影像平面的數量可為相同或(根據投射光學單元 10 的具體實施例)可為不同。US 2018/0074303 A1 揭露了在 x 方向和 y 方向上具有不同數量的此類中間影像的投射光學單元 10 的示例。

【0090】在每種情況下，第二琢面 23 中的一個被分配給第一琢面 21 中的剛好一個，以分別形成用於照明物場 5 的照明通道。這可特別地根據科勒原理(Köhler principle)產生照明。藉助第一琢面 21，遠場被分解為多個物場 5。第一琢面 21 在分別分配給其的第二琢面 23 上產生中間焦點的複數個影像。

【0091】通過分配的第二琢面 23，第一琢面 21 在每種情況下都以相互疊加的方式成像到遮罩 7 上，用以照亮物場 5。物場 5 的照明特別為盡可能地均勻。均勻性誤差較佳小於 2%。通過不同照明通道的疊加，可實現場均勻性。

【0092】投射光學單元 10 的入射光瞳的照明可藉由第二琢面 23 的配置來進行幾何上的定義。投射光學單元 10 的入射光瞳中的強度分佈可通過選擇照明通道來設定，特別是引導光的第二琢面 23 的子集。這種強度分佈也稱作照明設定或照明光瞳填充。

【0093】 在照明光學單元 4 的照明光瞳的定義照明部分區域中，同樣可通過照明通道的重新分佈來實現較佳的光瞳均勻性。

【0094】 下文將描述物場 5 以及特別是投射光學單元 10 的入射光瞳的照明的進一步方面和細節。

【0095】 特別地，投射光學單元 10 可具有同心(homocentric)入射光瞳。後者可為可接近的。它也可為不可接近的。

【0096】 投射光學單元 10 的入射光瞳通常無法使用第二琢面反射鏡 22 精確照明。當成像投射光學單元 10 時，其將第二琢面反射鏡 22 的中心遠心地成像到晶圓 13 上，孔徑射線通常不相交於單個點。然而，可以找到一個區域，其中成對決定的孔徑射線的距離變得最小。此區域表示入射光瞳或與其共軛的真實空間中的區域。特別地，此區域具有有限的曲率。

【0097】 投射光學單元 10 對切向射束路徑和矢狀射束路徑可能具有不同的入射光瞳位置。在這種情況下，成像元件(特別是透射光學單元的光學元件)應設置在第二琢面反射鏡 22 和遮罩 7 之間。藉助此光學元件，可考慮切向入射光瞳和矢狀入射光瞳的不同位置。

【0098】 在圖 1 所示的照明光學單元 4 的組件的配置中，第二琢面反射鏡 22 配置在與投射光學單元 10 的入射光瞳共軛的區域內。第一琢面反射鏡 20 係配置為使得相對於物平面 6 傾斜。第一琢面反射鏡 20 係配置為使得相對於由偏折反射鏡 19 所定義的配置平面傾斜。

【0099】 第一琢面反射鏡 20 係配置為使得相對於由第二琢面反射鏡 22 所定義的配置平面傾斜。

【0100】 圖 2 顯示了用於 DUV 投射微影的投射曝光設備 1 的示例性具體實施例的示意圖。DUV 在這裡代表「深紫外線」。特別地，投射曝光設備 1 可設計為在 193 nm 的波長下操作。

【0101】 投射曝光設備 1 具有照明光學單元 4 和投射光學單元 10。在此不詳細示出照明光學單元 4 的內部結構和投射光學單元 10 的內部結構，其在每種

情況下可包含例如光學組件、感測器、操縱器等。在投射光學單元 10 的情況下，反射鏡 M 表示為代表其光學組件。反射鏡 M 可藉助於冷卻介質進行冷卻，該冷卻介質由冷卻裝置 24 提供。冷卻介質為流體，例如水。補充地或替代地，照明光學單元 4 可具有冷卻反射鏡 M 和相關的冷卻裝置 24。投射光學單元 10 及/或照明光學單元 4 還可具有多個冷卻反射鏡 M 和冷卻裝置 24。在照明光學單元 4 和投射光學單元 10 的情況下，透鏡和進一步的反射鏡(冷卻的或未冷卻的)可存在更多的光學組件。

【0102】 類似地，在圖 1 所示的投射曝光設備 1 的示例性具體實施例中也可設置至少一個冷卻裝置 24，其可例如連接到反射鏡 M3。

【0103】 投射曝光設備 1 的操作所需的輻射是由輻射源 3 產生的。輻射源 3 可特別是準分子雷射，例如氟化氬雷射，其產生波長為 193 nm 的照明輻射 16。

【0104】 在照明光學單元 4 和投射光學單元 10 之間設置有遮罩保持器 8，遮罩 7(也稱作光罩)固定於其上。遮罩保持器 8 具有遮罩位移驅動器 9。從輻射方向上看，晶圓保持器 14 配置在投射光學單元 10 的下游，其承載晶圓 13 或一些其它基板並具有晶圓位移驅動器 15。

【0105】 圖 2 中還顯示了控制裝置 25，其連接到照明光學單元 4、投射光學單元 10、冷卻裝置 24、輻射源 3、遮罩保持器或遮罩位移驅動器 9 以及晶圓保持器 14 或晶圓位移驅動器 15。類似地，圖 1 的投射曝光設備同樣可具有控制裝置 25，其可連接到相應的組件。

【0106】 投射曝光設備 1 用於以高精確度將遮罩 7 成像到晶圓 13 上。為此，在照明光學單元 4 的協助下對遮罩 7 進行照明，並在投射光學單元 10 的協助下將被照明的遮罩 7 成像到晶圓 13 上。具體而言，採用以下程序：

【0107】 照明光學單元 4 通過其光學組件以精確定義的方式轉換由輻射源 3 產生的照明輻射 16，並將其引導到遮罩 7 上。根據具體實施例，照明光學單元 4 可形成為使得它照明整個遮罩 7 或僅照明遮罩 7 的一部分區域。照明光學單

元 4 能夠照明遮罩 7 使得在遮罩 7 的每個照明點上具有幾乎相同的照明條件。特別地，入射照明輻射 16 的強度和角度分佈對於遮罩 7 的每個照明點幾乎相同。

【0108】 照明光學單元 4 能夠選擇性地用多種不同角度分佈的照明輻射 16 來照明遮罩 7。照明輻射 16 的這些角度分佈也稱作照明設定。所需的照明設定通常根據在遮罩 7 上形成的結構元件來選擇。舉例來說，相對經常使用的是偶極或四極照明設定，在這種情況下，照明輻射 16 分別從兩個不同方向或從四個不同方向入射到遮罩 7 的每個照明點上。根據照明光學單元 4 的形式，可例如藉由不同繞射光學元件與變焦錐形鏡(axicon)光學單元的組合、或藉由反射鏡陣列(其在每種情況下具有多個小反射鏡，這些小反射鏡彼此相鄰設置並可相對於其角度位置單獨地調整)來產生不同的照明設定。

【0109】 遮罩 7 可例如形成為玻璃板，其對照明光學單元 4 所提供的照明輻射 16 是透明的，且被施加不透明結構(例如以鉻塗層的形式)。

【0110】 投射曝光設備 1 可形成為使得整個遮罩 7 同時被照明光學單元 4 照明，且通過投射光學單元 10 在單個曝光步驟中完全地成像到晶圓 13 上。

【0111】 或者，投射曝光設備 1 也可形成為使得僅遮罩 7 的一部分區域同時被照明光學單元 4 照明，且遮罩位移驅動器 9 由控制裝置 25 啟動，使得在晶圓 13 的曝光期間，遮罩 7 相對於照明光學單元 4 移動，因此被照明的部分區域作為一個整體在遮罩 7 上移動。藉由適當調整晶圓位移驅動器 15 的啟動來同步地移動晶圓 13，其中投射光學單元 10 的成像特性也被考慮在內，因此遮罩 7 上分別被照明的部分區域被成像到晶圓 13 上為其提供的部分區域上。遮罩 7 和晶圓 13 的這種移動也稱作掃描。

【0112】 在投射曝光設備 1 的兩個具體實施例中，為了能夠將晶圓 13 的曝光所產生的潛在影像轉移到物理結構中，在晶圓 13 上施加光敏層。遮罩 7 的影像通過曝光形成於此光敏層中，且藉助隨後的化學程序可從它在晶圓 13 上產生永久結構。

【0113】遮罩 7 通常不僅在晶圓 13 上成像一次，而是多次相鄰成像。為此目的，在每次將遮罩 7 成像到晶圓 13 上之後，晶圓保持器 14 以對應於晶圓 13 上遮罩 7 的影像大小的方式橫向地移動。遮罩 7 的成像在此可整體地或通過掃描依序地進行。晶圓 13 的化學處理只有當已在晶圓 13 上對遮罩 7 進行所需數量的成像時才開始。

【0114】圖 3 顯示了由本發明方法所產生的反射鏡 26 的示例性具體實施例的截面示意圖。圖 4 顯示了反射鏡 26 在進一步的截面示意圖中的相同示例性具體實施例，其中截面沿圖 3 中描繪的截面線 A-A 截取。為了能夠表示反射鏡 26 的盡可能多的細節，截面線 A-A 在通過反射鏡 26 時具有橫向偏移。在圖 3 中，截面沿圖 4 所示的截面線 B-B 截取。在圖 3 和圖 4 中，反射鏡 26 及其組成部件的表示並非依照比例，並且是高度抽象的，以盡可能清晰地呈現本發明。這也適用於所有其他圖式。

【0115】在圖 1 和圖 2 所示的投射曝光設備 1 之一的情況下，可使用反射鏡 26 且其具有下部 27 和上部 28，它們在每種情況下由石英玻璃、摻鈦石英玻璃或微晶玻璃製成。術語「下部」和「上部」的選擇是因為下部 27 通常比上部 28 厚得多，因此就像它承載著上部 28。然而，這些術語與反射鏡 26 在安裝狀態下相對於重力方向的方向沒有任何關係。在投射曝光設備 1 的操作過程中，上部 28 可以相對於重力方向配置在下部 27 的上方或下方或旁邊，或者相對於它採取一些其它相對位置。下部 27 也稱為第一反射鏡部件 27，上部 28 也稱為第二反射鏡部件 28。

【0116】下部 27 和上部 28 在下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 的區域內通過下文更詳細描述的本發明方法而彼此剛性地連接。在所示的示例性具體實施例中，下部 27 的連接表面 29 以凹面彎曲的方式形成。曲率可為球面、非球面或根據自由曲面形成。上部 28 的連接表面 30 以與下部 27 的連接表面 29 互補的方式彎曲，因此具有凸面曲率，其可為球面、非球面或根據自由曲面形成。因此，上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 可緊密接觸地

相互接合。作為彎曲形成的替代方法，下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 也可以平面方式形成。

【0117】在背對於其連接表面 29 的一側，如圖 3 的底部所示，下部 27 以平面方式形成。在背對於其連接表面 30 的一側，如圖 3 的頂部所示，上部 28 以凹曲的方式形成，並且具有相同曲率的反射光學表面 31。曲率可形成為球面、非球面或根據自由曲面形成，並且特別對應於上部 28 的連接表面 30 的曲率。即使連接表面 29 和 30、背對連接表面 30 的上部 28 的表面和光學表面 31 在每種情況下都以旋轉對稱的方式形成，它們在圖 3 和圖 4 的截面區域中分別具有略微不同的曲率，因為這些截面區域是在與所述表面的中心不同的距離處形成的。然而，與曲率半徑的絕對值相比，距離的差異在每種情況下都非常小，因此在圖 3 和圖 4 的表示中不會察覺到不同的曲率。

【0118】作為對此的替代，光學表面 31 也有可能以平面方式形成。特別是當下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 以平面方式形成時，情況尤其如此。

【0119】光學表面 31 實施為塗覆在上部 28 的塗層。塗層的形成取決於光學表面 31 打算在哪個波長下產生其反射效應。在 DUV 範圍內具有所需反射的情況下，即在圖 2 的反射鏡 M 的情況下，塗層可形成為鋁層。另一方面，如果打算在 EUV 範圍內進行反射，例如在圖 1 的反射鏡 M3 的情況下，則塗層可特別由交替連續的矽和鉬層形成，並可能包含不同成分的一或多層另外的層，例如用作保護層。

【0120】上部 28 還具有許多細長的冷卻通道 32，它們彼此平行並平行於光學表面 31，並在光學表面 31 的區域中橫向地延伸且可能略微超出它。因此，在示出的示例性具體實施例的情況下，冷卻通道 32 是以彎曲的方式形成的。冷卻通道 32 到達光學表面 31 至約 1 至 6 毫米的距離內，且形成為朝向上部 28 的連接表面 30 的開口。因此，冷卻通道 32 在上部 28 的連接表面 30 的區域具有細長的冷卻通道開口 33。冷卻通道 32 的橫向尺寸可約為 0.2 至 10 毫米，冷卻通道

32 的深度(即大致垂直於上部 28 的連接表面 30 的尺寸)通常遠大於寬度(即大致平行於上部 28 的連接表面 30 的尺寸)。例如，冷卻通道 32 的深度可為冷卻通道 32 的寬度的兩倍以上。相鄰冷卻通道 32 之間的淨距離一般不超過 15 毫米，較佳不超過 5 毫米。冷卻通道 32 的寬度、相鄰冷卻通道 32 之間的淨距離、以及冷卻通道 32 與光學表面 31 之間的距離的數值可大致相同。

【0121】 在上部 28 的連接表面 30 的形成為非旋轉對稱的情況下，對於不同的方位角，或者換句話說，相對於不同的方向，它可能具有不同的平均曲率半徑。在這種情況下，上部 28 的連接表面 30 的區域(在該區域內，平均曲率半徑的絕對量具有最大值)可在橫向於(特別是垂直於)冷卻通道開口 33 的縱向範圍的方向上延伸。下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 的相互相鄰區域在未連接狀態下可能具有略微不同的平均曲率半徑，相較於凹形表面相應區域的平均曲率半徑，凸形表面區域的平均曲率半徑通常具有較小的絕對值。

【0122】 下部 27 具有數個分配器通道 34 和收集器通道 35，其從下部 27 的連接表面 29 沿下部 27 背離連接表面 29 的一側的方向延伸至下部 27。在下部 27 的內部，分配器通道 34 通向流體分配器 36，且收集器通道 35 通向流體收集器 37。分配器通道 34 和收集器通道 35 在每種情況下都以階梯狀方式朝向下部 27 的連接表面 29 加寬，並分別與兩個冷卻通道開口 33 的相對端重疊。換言之，一個分配通道 34 分別與兩個冷卻通道開口 33 的一端重疊，且一個收集器通道 35 分別與相同的兩個冷卻通道開口 33 的另外兩端重疊。因此，一個分配器通道 34 在其一端與流體分配器 36 流體連接，且在其另一端與兩個冷卻通道 32 流體連接。類似地，一個收集器通道 35 在其一端與流體收集器 37 流體連接，且在其另一端與兩個冷卻通道 32 流體連接。

【0123】 因此，可以透過流體分配器 36 將流體(例如水)供應至冷卻通道 32 並且供應至分配器通道 34，每個分配器通道 34 分別供應兩個冷卻通道 32，且流體分配器 36 供應流體給所有分配器通道 34。流體流過冷卻通道 32，並接著經由收集器通道 35 流入流體收集器 37，經由流體收集器 37 可將流體移除。

在此情況下，每兩個冷卻通道 32 的流體分別流入一個收集器通道 35，且所有收集器通道 35 的流體均流入流體收集器 37。對流體分配器 36 供應流體以及從流體收集器 37 移除流體可藉助於冷卻裝置 24 來進行，為此目的，冷卻裝置 24 可連接至流體分配器 36 和流體收集器 37。

【0124】將所供應的流體的溫度調整至低於上部 28 的溫度可實現流體在其流經冷卻通道 32 時從上部 28 提取熱量的效果。這種熱量提取主要是為了補償由於在微影系統的操作期間入射到光學表面 31 上的輻射而產生的熱輸入。由於光學表面 31 沒有完全反射入射輻射，因此部分輻射被光學表面 31 吸收，且取決於光學表面 31 的形成，部分輻射也被上部 28 吸收並轉換成熱。由於光學表面 31 和上部 28 具有一定的熱導率，因此此熱量的一部分被引導至冷卻通道 32 並可在該處被流體吸收並帶走。這樣，與未冷卻的反射鏡 26 相比，可限制由輻射所引起的反射鏡 26 的溫度升高，並可減少由熱膨脹效應所引起的光學表面 31 的變形。因此，變形引起的成像誤差也減少了。

【0125】冷卻通道 32、分配器通道 34、收集器通道 35、流體分配器 36 和流體收集器 37 的形成和配置也可以各種方式修改。舉例來說，冷卻通道 32 可配置在下部 27 中並形成為朝向下部 27 的連接表面 29 開啟，因此冷卻通道 32 在下部 27 的連接表面 29 的區域中具有細長的冷卻通道開口 33。也可以不需要分配器通道 34 和收集器通道 35，且流體分配器 36 和流體收集器 37 可直接連接到冷卻通道 32 等。

【0126】為了生產反射鏡 26，下部 27 和上部 28 被生產為單獨的部件，並彼此連接。光學表面 31 通常僅在將下部 27 和 28 連接之後才形成，以實現盡可能高的準確度，特別是在其形狀方面，並避免在連接過程期間損壞光學表面 31。使用具有非常低的熱膨脹係數的材料來製造下部 27 和上部 28。合適的材料例如為石英玻璃、摻雜氧化鈦的石英玻璃、或特殊玻璃陶瓷。下部 27 和上部 28 可從普通材料坯料切出。然而，如果下部 27 和上部 28 在材料參數方面彼此差異不大，則也有可能使用不同的材料坯料。

【0127】舉例來說，可使用與氧化鈦混合的石英玻璃(其在下部 27 的體積上的平均零交叉溫度在 22°C 至 25°C 之間)來製造下部 27。在微影系統的操作期間，考慮到反射鏡 26 的冷卻，此處已對零交叉溫度進行調整，以匹配下部 27 的預期溫度。根據生產下部 27 所用材料的方法，22°C 下熱膨脹係數的增加較佳小於約 1.35 ppb/K²。至少在成品反射鏡 26 中與光學表面 31 橫向重疊的區域內，零交叉溫度具有優於 +/-5K 的均勻性，該均勻性在下部 27 的連接表面 29 的區域中比在背離它的一側上更好。

【0128】下部 27 從材料坯料中切出，然後通過研磨和拋光進行加工。下部 27 的連接表面 29 在此處可特別地形成為與光學表面 31(其稍後會形成在上部 28 上)的預期形狀大致對應的形式。下部 27 的連接表面 29 和光學表面 31 之間的形狀偏差最大為 3 mm，較佳不超過 200 μm。如果下部 27 的連接表面 29 具有圓形的外圍邊界，則其直徑通常在 20 cm 至 100 cm 之間，矢狀高達直徑的 3%。下部 27 的連接表面 29 的球形基本形狀可疊加任何所需的功能，因此可獲得自由形狀表面。

【0129】對於用於測量的 633 nm 的波長 λ ，下部 27 的連接表面 29 的拋光可以與預定形狀(圖形)的偏差小於 $\lambda/2$ 、較佳小於 $\lambda/10$ 的方式進行。此外，在此情況下可實現小於 5 nm、較佳小於 1 nm 的粗糙度。在這種情況下，術語「粗糙度」包含與光滑表面的隨機分佈偏差。形狀或圖形偏差被認為包含偏離預定形狀的長波和短波，以及更多點狀的、非隨機分佈的偏差。長波形式偏差也可能比上述的 $\lambda/2$ 和 $\lambda/10$ 的值稍大。然而，對於短波偏差，所提及的數值將盡可能保持不變。舉例來說，數公分的空間頻率的偏差不會產生這樣的破壞性影響。低於 100 μm 的空間頻率的偏差通常更具破壞性。

【0130】為了避免研磨和拋光劑殘留物乾燥，在研磨和拋光之後直接沖洗下部 27。此外，可以進行機械濕式清潔。下部 27 的表面可另外用溶劑、有機和無機清潔劑、或透過電漿處理等進行清潔。

【0131】 當對下部 27 進行加工時，必須確保避免深度上的損壞，因為少量的水、其他加工劑(例如拋光劑)或污染物可能會留在微裂紋中，且它們可能會蒸發並在下部 27 被加熱時導致局部起泡。為了避免或消除可能的深度上的損壞，可使用乾式及/或濕式蝕刻步驟或其他適當的光學加工步驟。此外，可使用分級研磨步驟，或例如藉由使用氧電漿蝕刻來進行非接觸式移除，其後可進行拋光步驟。舉例來說，透過使用氟酸進行短暫蝕刻不會導致局部蝕刻坑，這證明了在深度上不會造成損壞。氟酸浴適合同時作為移除碳氫化合物的清潔步驟。

【0132】 在研磨和拋光或打磨之後，如果適用，分配器通道 34 和收集器通道 35 以及流體分配器 36 和流體收集器 37 形成在下部 27。根據下部 27 的形成，冷卻通道 32 也可形成在下部 27 中。分配器通道 34 和收集器通道 35 以及流體分配器 36 和流體收集器 37 通常具有橫向尺寸，即橫向於流體流動方向的尺寸，其遠大於冷卻通道 32 的相應尺寸。

【0133】 相應的通道可藉由銑削、研磨、鑽孔、雷射燒蝕、超音波燒蝕或蝕刻或這些方法的組合來形成。作為最後的方法步驟，在每種情況下可提供使用氟酸的蝕刻，以避免隨後的裂紋擴展，並在通道中形成僅有輕微粗糙的表面，以利於流動。

【0134】 為了保護下部 27 的已經加工過的、特別是拋光過的表面免於在邊緣處(例如在冷卻通道開口 33 的周邊處)破裂、以及免於類似的損壞，可在通道形成之前將保護性抗蝕劑施加至下部 27 的表面。儘管採取了這種預防措施，但還是會出現邊緣處破裂的情況，這可通過例如圍繞冷卻通道開口 33 延伸的斜面使其局部平滑或將其消除。然而，由於缺口效應，此斜面在流動方面和強度方面是不利的，應盡量避免。

【0135】 作為上述過程的替代，可以首先在下部 27 中形成通道，然後僅通過研磨、打磨及/或拋光來加工下部 27 的表面。然而，這導致在冷卻通道開口 33 或其他開口的邊緣處有一定的圓角，這是因為例如拋光片具有有限的剛度

並且凸入至冷卻通道開口 33 或其他開口中。可藉由將與下部 27 相同材料的佔位件插入或黏接到冷卻通道開口 33 或其他開口中來抵消邊緣處的這種圓角。佔位件與下部 27 的連接表面 29 一起被磨掉並拋光，並減小由冷卻通道開口 33 或其他開口引起的間隙的寬度。下部 27 的佔位件和周圍材料之間剩餘的間隙也可用玻璃粉或陶瓷粉填充的灰泥(putty)進行灌漿，因此在拋光過程中至多有輕微的凸起，因此在邊緣處的圓化很小。或者，可以透過機器人拋光或離子束拋光進行局部再加工，以最小化邊緣處的圓化。在對下部 27 的表面進行加工後，再次移除佔位件以及灌漿材料(如果適用)。

【0136】 為了避免或至少減少邊緣處的圓角，可使用燒蝕或蝕刻方法作為機械表面加工的替代方法。如果在這些方法中，將抗蝕劑遮罩施加到不被加工的區域，則在抗蝕劑遮罩的外圍區域中可能發生蝕刻不足。這種蝕刻不足的不利影響可透過適當的機械、雷射燒蝕或蝕刻再加工來抵消。

【0137】 可使用具有與針對下部 27 所述特性相同或相似的特性的材料來生產上部 28。上部 28 的材料特性可僅在預定限度內偏離下部 27 的材料特性。例如，下部 27 和上部 28 的非常不同的熱膨脹行為將會是個問題，因為下部 27 和上部 28 彼此剛性連接。

【0138】 在從材料坯件切出上部 28 之後，上部 28 的表面(特別是連接表面 30)可使用與針對下部 27 所述的方式類似的方式進行加工，且必須滿足形狀偏差和粗糙度的類似要求。如果上部 28 比較薄，則對形狀偏差的要求可稍微放寬。

【0139】 根據具體實施例的變體，上部 28 可具有冷卻通道 32 及/或其它通道，例如分配器通道 34 和收集器通道 35。所有這些通道都可使用與針對下部 27 所述的方式類似的方式來產生，並可使用類似的措施來減少邊緣處的圓化等。

【0140】 上部 28 的厚度一般在 10 至 40 毫米之間，但在某些前提條件下也可能具有較小的厚度。根據厚度的不同，可能需要將上部 28 黏接或扭合到作為載體材料的玻璃基板上以用於加工，以達到足以進行精確加工的剛度。

【0141】 可使用與用於加工下部 27 的連接表面 29 的工具具有相同或非常相似的標稱曲率的工具，通過研磨、打磨及/或拋光來加工上部 28 的連接表面 30。可選地，在此之後可提供進一步的步驟，其中測量下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 的實際形狀，並通過機器人拋光、電漿蝕刻、離子束燒蝕或壓實高能輻射將上部 28 的連接表面 30 局部地適配到下部 27 的連接表面 29。

【0142】 在反射鏡 26 的具體實施例的情況下，其中下部 27 的連接表面 29 基本上是平面的或具有非常小的曲率，因此至少一個方位角的平均曲率半徑的絕對值大於 10 m，則有可能使用相對較薄的上部 28，其厚度為 0.5 至 10 毫米，並以平面方式形成上部 28 的連接表面 30。在這種情況下，上部 28 在連接到下部 27 時可能會變形，因此上部 28 的連接表面 30 可與下部 27 的連接表面 29 的形狀相適應。對於連接前所需的加工，上部 28 可黏接到足夠剛性的載體材料上或扭合到載體材料上。

【0143】 作為使用從材料坯料中切出的上部 28 的替代方法，也可通過流出(例如在熔融金屬(浮動玻璃)上)、澆注在長分離的邊緣上、壓制和燒結玻璃煙灰、或間接通過灰體來產生鈦摻雜石英玻璃的薄上部 28。這些方法的優點是上部 28 由幾毫米厚的片材製成，其中可實現材料參數的良好均勻性，並可省去機械加工。為了能夠實現由這種片材製成的上部 28 具有與下部 27 情況類似的熱膨脹行為，片材的 OH 含量與下部 27 的相應含量應最大偏離 5%，且片材的鈦含量與下部 27 的相應含量應最大偏離 0.05%。對於生產厚度小於 2 mm 的上部 28 的非常薄的片材，這些要求也可稍微放寬。

【0144】 當下部 27 和上部 28 已經完成時，它們可在它們的連接表面 29、30 的區域中彼此連接。連接分兩個步驟進行：在第一步驟中，將上部 28 扭合到

下部 27 上，亦即上部 28 被拉得如此靠近下部 27，以致由於下部 27 的原子與上部 28 的原子之間的凡德瓦力的作用而使上部 28 附接到下部 27。第一步驟可在室溫下進行，生產出包含下部 27 和上部 28 的中間產物。在第二步驟中，透過接合程序加強上部 28 和下部 27 之間的連接，藉此在下部 27 的原子和上部 28 的原子之間形成共價鍵，因此上部 28 和下部 27 非常牢固地彼此持久連結。以下將更詳細地解釋在接合程序中根據本發明的程序以及為此採取的準備工作。

【0145】圖 5 顯示一流程圖，其解釋了當連接下部 27 和上部 28 時根據本發明的程序。下部 27 和上部 28 可以上述方式在大致並行進行的程序中生產，或在空間及/或時間上分開的程序中彼此完全獨立地生產。

【0146】為了能夠形成持久的連接，在步驟 S1 中，下部 27 和上部 28 被清潔、活化和乾燥，特別是在它們的連接表面 29、30 的區域中。舉例來說，下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 可透過蝕刻(例如用氟酸)、透過濺鍍、或透過電漿處理(特別是使用氫或氧電漿)來同時進行清潔、燒蝕和活化。

【0147】步驟 S1 之後為步驟 S2，其中將上部 28 扭合到下部 27 上。為了扭合到下部 27 上，上部 28 的連接表面 30 如此靠近下部 27 的連接表面 29，以致由於靠近上部 28 的表面的原子和靠近下部 27 的表面的原子之間的凡德瓦力而產生強吸引力，且最終將上部 28 和下部 27 彼此連結。由於凡德瓦力只作用在非常短的距離上，因此需要使上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 非常地靠近。只有在上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 非常光滑、具有幾乎完全相同的形狀、且基本上沒有污染物的情況下，才有可能在相對較大的表面面積內做到這點。使上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 充分靠近以盡可能防止空氣或其他氣體夾雜在連接表面 30、29 之間也是非常重要的。這些氣體夾雜物也可能在反射鏡 28 的後續使用期間產生不利影響。圖 6 中顯示了可能的扭合程序。

【0148】圖 6 以示意性截面顯示了上部 28 扭合到下部 27 過程中的快照，該截面為沿圖 4 所示的截面線 C-C 截取，因此垂直於冷卻通道 32 的縱向範圍。

【0149】 在所示的示例性具體實施例的情況下，下部 27 的連接表面 29 和上部 28 的連接表面 30 具有至少近似互補的曲率。從圖 6 可看出，上部 28 的連接表面 30 並未在整個表面區域上平行對準下部 27 的連接表面 29，而是連接表面 29、30 在被放在一起時彼此形成一個角度，且最初僅在圖 6 左側所示的其外圍表面的區域內相交。在圖 6 中，放大了該角度以看出效果。當它們被放在一起時，最初上部 28 和下部 27 之間僅在連接表面 29、30 的小區域中存在接觸，因此最初僅在上部 28 和下部 27 之間形成相對小的接觸表面 38。凡德瓦力在接觸表面 38 內產生其吸引作用，因此上部 28 的連接表面 30 到下部 27 的連接表面 29 的扭合發生在接觸表面 38 的區域中。

【0150】 接著，上部 28 繼續朝下部 27 進一步樞轉，因此越來越靠近下部 27，因此接觸表面 38 的尺寸增大。因此，上部 28 扭合到下部 27 上的表面面積的尺寸也增加。連接表面 29、30 的扭合區域和連接表面 29、30 的非扭合區域之間的線性形成的過渡區在下文中稱作扭合前沿。在圖 6 的圖式中，扭合前沿相對於繪圖平面垂直地延伸且大致平行於冷卻通道 32 的縱向範圍。這至少適用於扭合前沿穿過繪圖平面的區域。扭合前沿可形成為直線或稍微彎曲，且隨著上部 28 逐漸靠近下部 27 時，扭合前沿會從左到右移動，即上部 28 接近下部 27 的過程會從左向右依次進行。漸進的方式在下文中也稱作「滾動(rolling)」，因此在圖 6 的表示中，上部 28 從左向右滾動至下部 27。滾動運動的方向在圖 6 中由箭頭顯示，且在下文中稱作滾動方向 39。

【0151】 具有穩定遷移的線性扭合前沿的連續扭合具有以下效果：氣體被連續地移出上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 之間的中間空間，因此氣體夾雜物的風險大大降低。當上部 28 的連接表面 30 已經在整個表面區域上扭合到下部 27 的連接表面 29 上時，扭合操作結束。

【0152】 在上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 不是以旋轉對稱方式形成的示例性具體實施例的情況下，上部 28 的連接表面 30 較佳平行於

連接表面 29、30 具有最小平均曲率半徑絕對值的方向滾動至下部 27 的連接表面 29。

【0153】 透過不具有完全相同曲率的上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29，可在某種程度上使得氣體從上部 28 的連接表面 30 和下部 27 的連接表面 29 之間的中間空間的逸出變得更加容易。

【0154】 從圖 6 可看出，滾動方向 39 橫向於、特別是垂直於冷卻通道開口 33 和冷卻通道 32 的縱向範圍。因為上部 28 的厚度在冷卻通道 32 的區域中顯著減小，因此這些區域以類似於接頭的方式作用並使上部 28 更容易在這些區域中彎曲。這樣的結果是，只需要相對較小的力就可以暫時地將上部 28 保持在接觸表面 38 外側與下部 27 相距足夠遠的距離，以防止在那裡發生扭合並使上部 28 的連接表面 30 連續地接近下部 27 的連接表面 29。此外，在接觸表面 38 的區域中，實現了上部 28 的連接表面 30 與下部 27 的連接表面 29 緊密接觸的更好接合，且因此可實現非常可靠的扭合。

【0155】 類似地，也可將上部 28 帶到下部 27，使得滾動方向 39 平行於冷卻通道開口 33 和冷卻通道 32 的縱向範圍。在此具體實施例的情況下，由於氣體可沿著冷卻通道開口 33 逸出，因此確保了上部 28 和下部 27 之間的中間空間的特別可靠的排氣。與上述具體實施例相比，滾動方向上的變形能力在一定程度上有所降低。

【0156】 在步驟 S2 中將上部扭合到下部上具有產生包含下部 27 和上部 28 的中間產品的效果，其中下部 27 和上部 28 在它們的連接表面 29、30 的區域中彼此剛性地連接。中間產品必須滿足各種品質要求，且只有當其滿足這些品質要求時，才能進入下文詳細描述的熱處理階段。否則，中間產品將被重新加工或被剔除。品質要求涉及例如連接表面 29 和 30 之間夾雜物的出現。

【0157】 在步驟 S2 之後的步驟 S3 中，將中間產品在儲存溫度下儲存一段儲存時間。儲存時間可例如為 24 小時。儲存溫度高於室溫，且可例如在 80°C 或較佳 160°C 至 400°C 之間。具體地，儲存溫度可在 250°C 和 350°C 之間。加熱斜

坡也可與恆定儲存溫度下的儲存結合。在升高的溫度下儲存具有的效果為，過量的濕氣從連接表面 29、30 的區域擴散出來，特別是經由冷卻通道開口 33。取決於扭合前對下部 27 和上部 28 的預處理以及中間產品的生產和進一步使用之間的時間間隔，也可能不需要步驟 S3，特別是當相鄰冷卻通道 32 之間的淨距離較小時。

【0158】 步驟 S3 之後是步驟 S4，在此步驟中開始進行熱處理，用於在下部 27 和上部 28 之間形成非常耐用的連接。透過熱處理形成的連接在下文中也稱作接合。在步驟 S4 中，將中間產品放入接合爐中，其保證例如優於 2K 的溫度均勻性。可在接合爐中提供空氣或惰性氣體環境。類似地，也可將接合爐抽真空並在真空條件下進行熱處理。在接合爐中，中間產品以一加熱速率加熱至保持溫度。加熱速率具有低於 150 K/h 的數值、較佳低於 100 K/h 的數值。保持溫度落在 400°C 至 900°C 的範圍內，較佳高於 500°C、特別是高於 600°C、且特佳為高於 700°C 的溫度。

【0159】 接下來是步驟 S5，根據該步驟，將中間產品保持在保持溫度下一段保持時間。保持時間可至少為 8 小時，特別是至少為 12 小時或至少為 20 小時。

【0160】 步驟 S5 之後是步驟 S6，其中中間產品被冷卻，因此其溫度從保持溫度降低。特別地，冷卻可在多個階段中進行，中間產品的溫度以不同的冷卻速率降低。舉例來說，中間產物的溫度的降低可先以低於 100 K/h 或低於 50 K/h、特別是在 1 K/h 和 20 K/h 之間的冷卻速率進行，直到到達溫度 700°C 或 600°C。在低於 700°C 或 600°C 時，溫度的降低可發生得更快，例如在低於 150 K/h 的冷卻速率下，特別是在 5 K/h 至 100 K/h 的範圍或在 20 K/h 至 100 K/h 的範圍。當達到例如 500°C 或 400°C 的溫度時，可完全放棄冷卻速率的限制，然後可在任何冷卻速率下進行冷卻，直到達到室溫。例如，在每種情況下，可透過將中間產品周圍的氣體的溫度及/或周圍區域的溫度降低到低於中間產品的溫度的值來實現冷卻。步驟 S6 完成流程圖。

【0161】 當設定熱處理的參數時，特別是保持溫度和冷卻速率，應注意它們會對用其生產的反射鏡 26 的零交叉溫度和熱膨脹係數的增加產生影響。雖然這些材料特性通常已經在生產下部 27 和上部 28 所用材料的過程中設定為期望值，但是它們可透過熱處理再次改變。因此，如果需要對反射鏡 26 的零交叉溫度和熱膨脹係數的增加有較低的容差，則僅使用滿足這些生產要求的材料是不夠的。此外，還需要精確規劃中間產品的熱處理，同時考慮上述參數的潛在影響。這樣做時，應注意熱處理對零交叉溫度和熱膨脹係數增加的影響係取決於中間產品的材料成分，特別是其 OH 和鈦含量。因此，為了實現低容差，應考慮 OH 和鈦含量。如果不知道足夠準確的含量，則可在根據本發明的方法中進行量測，以確定 OH 含量和鈦含量。此外，可在熱處理之前進行量測，以確定中間產品的實際零交叉溫度和熱膨脹係數的實際增加。由於其中一些量測不是無損的，因此它們不是在中間產品本身上進行的，而是在隨附的測試件上進行的，亦即在生產中間產品的一塊材料上進行的。隨附的測試件經歷與中間產品相同的熱處理，且如果下部 27 和上部 28 在中間產品形成之前已經經歷了熱處理，則這也在隨附的測試件上進行。如果下部 27 和上部 28 由不同的坯料製成，則可分別為下部 27 和上部 28 提供隨附的測試件。

【0162】 接著，根據已知或量測的材料特性，為每個中間產品或具有非常相似材料特性的每組中間產品分別確定熱處理曲線，即中間產品的溫度隨時間的預期變化。此處特別重要的是冷卻曲線，特別是所使用的冷卻速率。

【0163】 以這種方式，可生產出平均零交叉溫度與期望的零交叉溫度最大偏差為 ± 1 K 的反射鏡 26。最大偏差為 ± 0.5 K 或甚至 ± 0.2 K 也是可能的。這些值在每種情況下與一零交叉溫度相關，該零交叉溫度為在與光學表面 31 橫向重疊並在深度上從光學表面 31 延伸至 1 cm 的反射鏡 26 的體積區域上取平均。類似地，此體積區域也可在深度上從光學表面 31 延伸至冷卻通道 32 或延伸至冷卻通道 32 下方 1 cm。在圖 3 的圖式中，到冷卻通道 32 的範圍是指到冷卻通道 32 的上緣的範圍，且到冷卻通道 32 下方 1 cm 的範圍是指到冷卻通道 32 的下緣

下方 1 cm 的範圍。在此體積區域中，預定值可在每種情況下隨著與光學表面 31 距離的增加而減小。

【0164】熱處理中的另一個困難是確保中間產品的整個體積根據預期的熱處理曲線進行處理。例如，中間產品的外圍區域對來自外部的冷卻反應更快，因此比核心區域冷卻得更快。這個問題在一定程度上得到緩解，因為不需要在冷卻的每個時間點在中間產品的整個體積中實現大致相同的溫度。確實，應在中間產品的每個位置盡可能準確地維持預定的冷卻曲線，即溫度隨時間的下降。但是，各個位置之間的時間差異是允許的。因此，控制冷卻的方式為使得在每種情況下局部地維持冷卻曲線，並且為此目的，在冷卻期間逐步調整冷卻速率，如果合適的話調整多次並且在多個小時內進行調整，以實現此一目標。例如，調整可以持續一到六個小時的時間。

【0165】特別是，應確保在 20 K 的溫度間隔內形成的冷卻速率的滑動平均值在中間產品的整個體積中在 900°C 至 700°C 的溫度範圍內隨時間的相對變化是相同的，除了 2 K/h 的最大偏差之外。這意味著冷卻應該以這樣的方式進行：在考慮到相應的潛在存在的時間差之後，此滑動平均值在中間產品的所有位置處隨時間的變化最多相差 2 K/h。較佳地，在 900°C 至 700°C 的溫度範圍內的滑動平均值的偏差最大為 1 K/h。此外，可以規定，在 700°C 至 500°C 的溫度範圍內的滑動平均值的偏差最大為 4 K/h，較佳最大為 2 K/h。透過這些措施，最終應實現的是，在與光學表面 31 橫向重疊且在深度上從光學表面 31 延伸至 1 cm 的反射鏡 26 的體積區域內，因熱處理所導致的零交叉溫度的不均勻性最大為 +/- 1K，較佳最大為 +/-0.5K。類似地，此體積區域也可延伸至冷卻通道 32 或延伸至冷卻通道 32 下方 1cm。

【0166】熱處理的目的是使下部 27 和上部 28 的連接的拉伸強度達到 50 MPa 或更高。

【0167】在修改中，下部 27 和上部 28 在熱處理過程中相互壓緊。

【0168】 上述接合程序也可以同樣的方式實現，而無需扭合。在這種情況下，程序類似地相同，其中各個步驟不必用中間產品而是用下部 27 和上部 28 來執行，下部 27 和上部 28 沒有通過扭合彼此連接。

【0169】 在接合程序之後，上部 28 可加工至冷卻通道 32 上方 2 至 10 mm 的厚度。

【0170】 在上部28的厚度減小的加工步驟之後，或者代替此加工步驟，對上部28進行再加工，使得在其背離連接表面30且其上將形成光學表面31的一側上，具有高精度的預定形狀並且符合預定的粗糙度標準。接著，在該處形成光學表面31。這可例如透過施加鋁層或交替地施加鋁層和矽層來進行。

【符號說明】

- 1 投射曝光設備
- 2 照明系統
- 3 輻射源
- 4 照明光學單元
- 5 物場
- 6 物平面
- 7 遮罩
- 8 遮罩保持器
- 9 遮罩位移驅動器
- 10 投射光學單元
- 11 影像場
- 12 影像平面
- 13 晶圓
- 14 晶圓保持器
- 15 晶圓位移驅動器

16	照明輻射
17	集光器
18	中間焦平面
19	偏折反射鏡
20	第一琢面反射鏡
21	第一琢面
22	第二琢面反射鏡
23	第二琢面
24	冷卻裝置
25	控制裝置
26	反射鏡
27	下部
28	上部
29	連接表面
30	連接表面
31	光學表面
32	冷卻通道
33	冷卻通道開口
34	分配器通道
35	收集器通道
36	流體分配器
37	流體收集器
38	接觸表面
39	滾動方向
M	反射鏡
M1-M6	反射鏡

S1-S6 步驟

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種用以製作一微影投射曝光設備的一反射鏡的方法，包括：

- 設置一第一反射鏡部件和一第二反射鏡部件，它們在該第一反射鏡部件的一第一連接表面和該第二反射鏡部件的一第二連接表面的區域內接觸；
- 為了在該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件之間形成一持久連接，該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件被加熱到至少400°C的一保持溫度，並在一保持時間內保持在該保持溫度下；及
- 在該保持時間過後，該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件以最大為100 K/h的一第一冷卻速率冷卻至一第一冷卻溫度。

【請求項2】 如請求項1所述之方法，其中該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件以一中間產物的形式提供，該中間產物是通過扭合該第一反射鏡部件的該第一連接表面和該第二反射鏡部件的該第二連接表面而產生。

【請求項3】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中在被加熱至該保持溫度之前，將該中間產物在至少為80°C且至多為400°C的一儲存溫度下儲存至少為2小時的一儲存時間。

【請求項4】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件被加熱至最大為900°C的一保持溫度。

【請求項5】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件以最大為150 K/h的加熱速率加熱至該保持溫度。

【請求項6】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該保持時間至少為8小時。

【請求項7】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該第一冷卻溫度為700°C或以下。

【請求項8】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中在以該第一冷卻速率冷卻至該第一冷卻溫度後，該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件以一第二冷卻速率冷卻至一第二冷卻溫度，其中該第二冷卻速率大於該第一冷卻速率，該第二冷卻溫度小於該第一冷卻溫度。

【請求項9】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件係冷卻使得在20K的一溫度間隔內形成的冷卻速率的一滑動平均值在900°C至700°C的一溫度範圍內隨時間具有一相同的相對變化，除了該第一反射鏡部件及/或該第二反射鏡部件的整個體積中的最大為2 K/h的一偏差。

【請求項10】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該第一冷卻速率及/或該第二冷卻速率的選擇係取決於該第一反射鏡部件及/或該第二反射鏡部件的材料組成。

【請求項11】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中該第一冷卻速率及/或該第二冷卻速率的選擇係取決於該反射鏡的一期望平均零交叉溫度。

【請求項12】 如前述請求項中任一項所述之方法，其中為了決定該第一冷卻速率及/或該第二冷卻速率，對生產該第一反射鏡部件及/或該第二反射鏡部件/的材料的一材料樣品進行分析。

【請求項13】 一種用於一顯微投射曝光設備的反射鏡，包括：

- 一第一反射鏡部件；
- 一第二反射鏡部件；
- 用於光反射的一光學表面；

其中

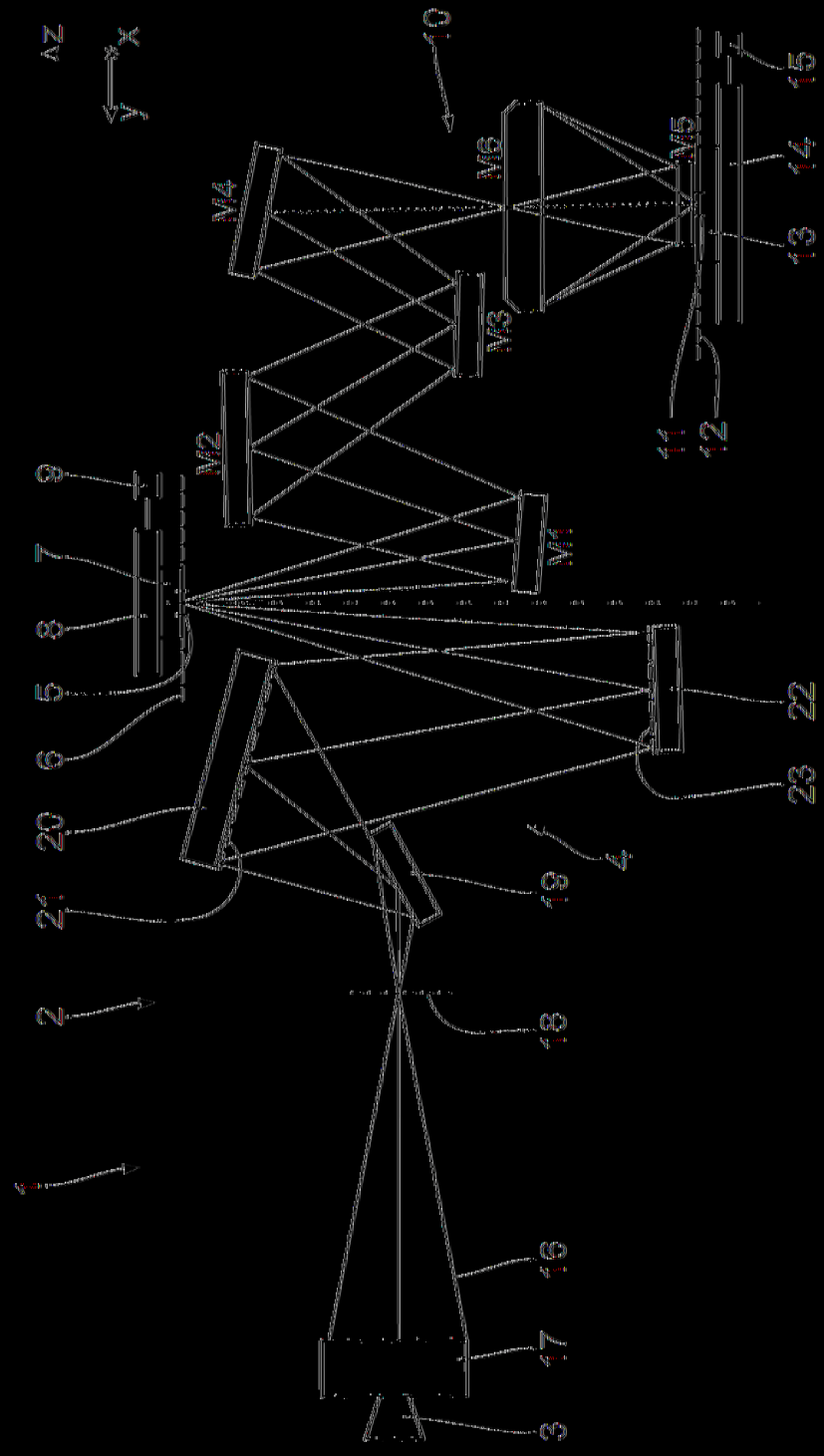
- 該第一反射鏡部件和該第二反射鏡部件在該第一反射鏡部件的一第一連接表面和該第二反射鏡部件的一第二連接表面的區域內通過一熱處理而持久地相互連接，以及
- 該反射鏡在與該光學表面橫向重疊並在深度上從該光學表面延伸至1公分的一體積區域內具有一平均零交叉溫度，該平均零交叉溫度與一預定值的偏差最大為 $\pm 1\text{ K}$ 。

【請求項14】 一種具有一反射鏡的照明光學單元，其中該反射鏡由請求項1到12的其中任一項所述方法所製造及/或如請求項13所請而形成。

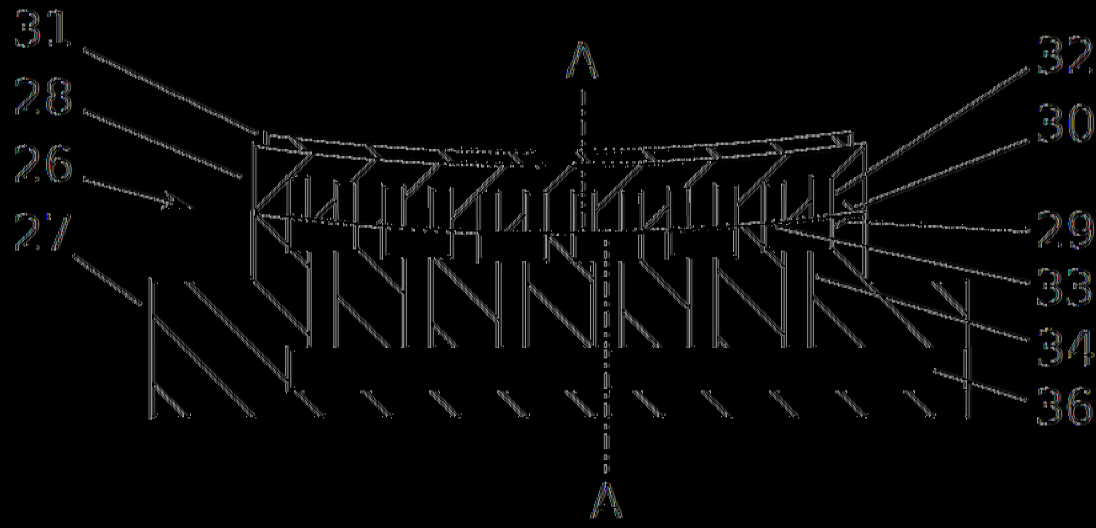
【請求項15】 一種具有一反射鏡的投射光學單元，其中該反射鏡由請求項1到12的其中任一項所述方法所製造及/或如請求項13所請而形成。

【請求項16】 一種顯微投射曝光設備，其具有如請求項14所述之照明光學單元及/或如請求項15所述之投射光學單元。

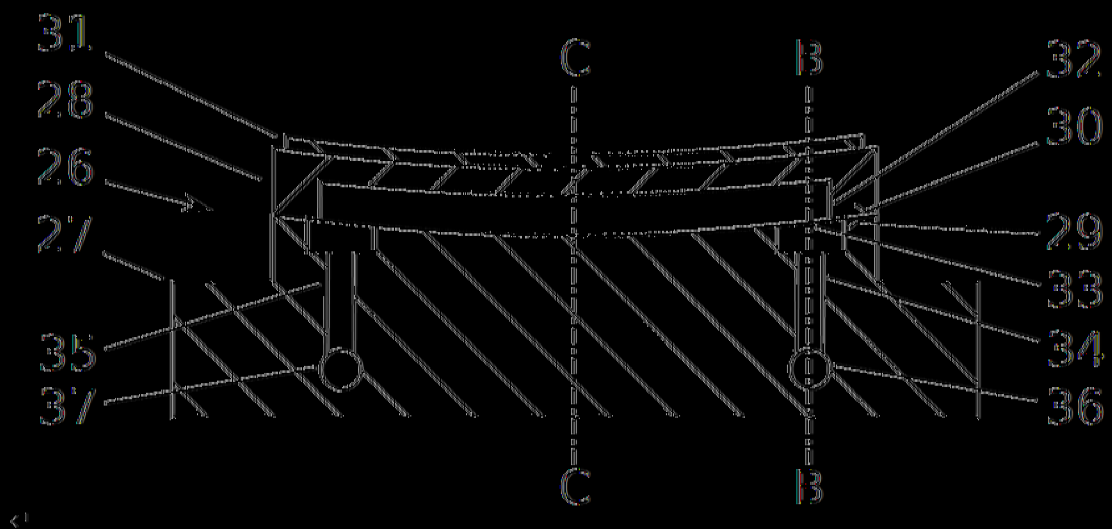
|(發明圖式)|



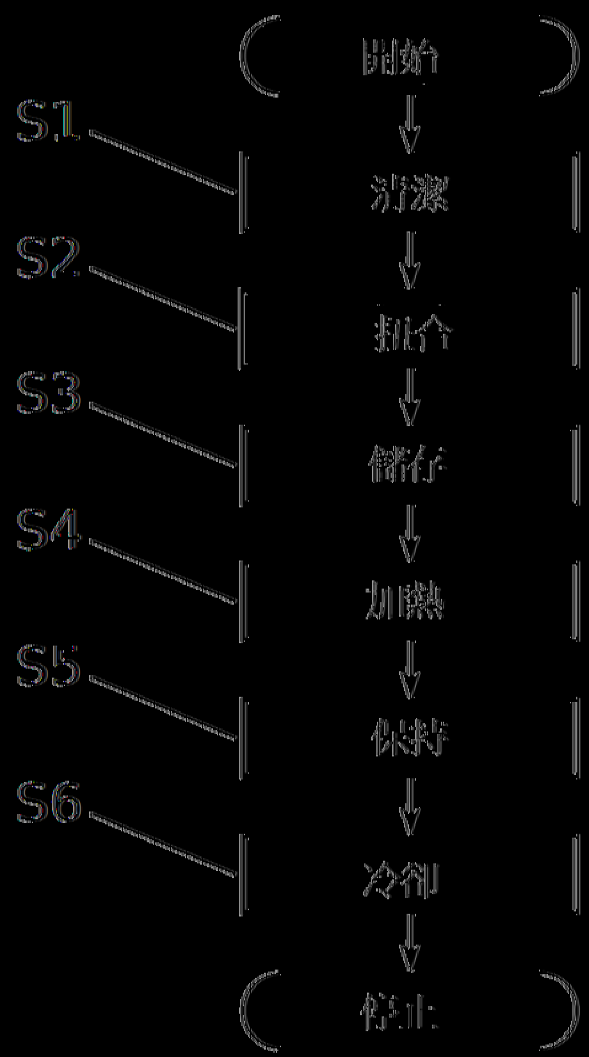
|[圖1]|



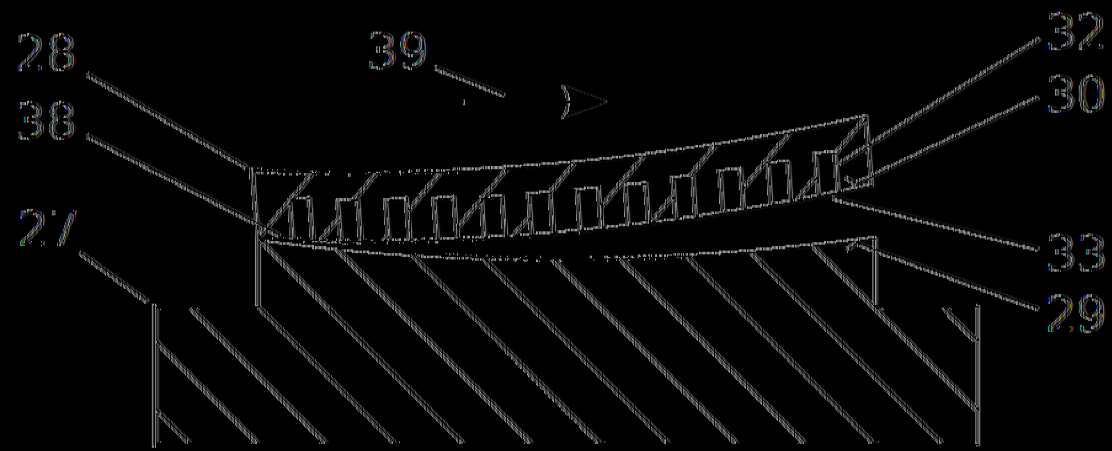
[(圖3)]



[(圖4)]



〔圖5〕



〔圖6〕