



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I548949 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 11 日

(21) 申請案號：100139416 (22) 申請日：中華民國 100 (2011) 年 10 月 28 日
 (51) Int. Cl. : G03F7/20 (2006.01) H01L21/027 (2006.01)
 (30) 優先權：2010/10/28 美國 61/407,502
 (71) 申請人：新加坡國立大學 (新加坡) NATIONAL UNIVERSITY OF SINGAPORE (SG)
 新加坡
 (72) 發明人：休斯勒沙夏皮爾 HEUSSLER, SASCHA PIERRE (DE)；摩瑟赫柏特 O MOSER,
 HERBERT O. (DE)
 (74) 代理人：蔡坤財；李世章
 (56) 參考文獻：
 US 5828492 US 5854671
 US 6295119B1 US 2005/0062949A1
 審查人員：李科
 申請專利範圍項數：21 項 圖式數：17 共 45 頁

(54) 名稱

微影方法與設備

LITHOGRAPHY METHOD AND APPARATUS

(57) 摘要

本文揭示一種微影方法與設備。在所述實施例中，該方法包含以下步驟：(i) 提供第一遮罩 316，第一遮罩 316 具有暴露圖樣 332、334 用於形成三維結構；(ii) 將第一遮罩 316 暴露於輻射以在輻射敏感性光阻劑 314 上形成暴露圖樣 332、334；暴露圖樣 332、334 由光阻劑 314 之受照射區 336 及非受照射區 337 所界定；(iii) 提供第二遮罩 328；以及 (iv) 於暴露期間，改變第一遮罩 316 與第二遮罩 328 之間的相對位置 (箭頭 B 及箭頭 C)，以屏蔽受照射區 336 之選定部分免於輻射，使能於三維結構中創造變化的深度輪廓。

A lithography method and apparatus is disclosed herein. In a described embodiment, the method comprises (i) providing a first mask 316 having an exposure pattern 332, 334 for forming a three dimensional structure; (ii) exposing the first mask 316 to radiation to form the exposure pattern 332, 334 on a radiation-sensitive resist 314; the exposure pattern 332, 334 defined by irradiated areas 336 and non-irradiated areas 337 of the resist 314; (ii) providing a second mask 328; and (iii) during exposure, changing relative positions (arrows B and C) between the first mask 316 and the second mask 328 to shield selected portions of the irradiated areas 336 from radiation to enable varying depth profiles to be created in the three dimensional structure.

指定代表圖：

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※ 申請案號：100139416

※ 申請日期：100年10月28日

※IPC 分類：

G03F 7/50

(2006.01)

H01L 1/04

(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

微影方法與設備

LITHOGRAPHY METHOD AND APPARATUS

二、中文發明摘要：

本文揭示一種微影方法與設備。在所述實施例中，該方法包含以下步驟：(i) 提供第一遮罩 316，第一遮罩 316 具有暴露圖樣 332、334 用於形成三維結構；(ii) 將第一遮罩 316 暴露於輻射以在輻射敏感性光阻劑 314 上形成暴露圖樣 332、334；暴露圖樣 332、334 由光阻劑 314 之受照射區 336 及非受照射區 337 所界定；(iii) 提供第二遮罩 328；以及(iv) 於暴露期間，改變第一遮罩 316 與第二遮罩 328 之間的相對位置(箭頭 B 及箭頭 C)，以屏蔽受照射區 336 之選定部分免於輻射，使能於三維結構中創造變化的深度輪廓。

三、英文發明摘要：

A lithography method and apparatus is disclosed herein. In a described embodiment, the method comprises (i) providing a first mask 316 having an exposure pattern 332,334 for forming a three dimensional structure; (ii) exposing the first mask 316 to radiation to form the exposure pattern 332,334 on a radiation-sensitive resist 314; the exposure pattern 332,334 defined by irradiated

areas 336 and non-irradiated areas 337 of the resist 314; (ii) providing a second mask 328; and (iii) during exposure, changing relative positions (arrows B and C) between the first mask 316 and the second mask 328 to shield selected portions of the irradiated areas 336 from radiation to enable varying depth profiles to be created in the three dimensional structure.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (4) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

- 314 輻射敏感性光阻劑/PMMA 光阻劑/PMMA 基板
- 316 第一遮罩
- 328 第二遮罩
- 330 X 射線束/輻射束
- 332 暴露圖樣/第一部分
- 334 暴露圖樣/第二部分
- 336 受照射區/照射部分
- 336a 第一 PMMA 部分
- 336b PMMA 部分
- 336c PMMA 部分
- 336d PMMA 部分
- 336e 第五 PMMA 部分
- 336f 部分
- 336g 部分
- 337 非受照射區
- 338 第一遮罩部分
- 340 第二遮罩部分

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係關於一種微影方法與設備，詳言之但非排他地，本發明係關於一種用於製造三維微米結構或奈米結構之微影方法與設備。

【先前技術】

在過去幾十年，微製造製程之進步已推動緊密、小型、輕質、快速、可靠且廉價的感測器及致動器之發展，因此開拓科學及工業中之許多種應用。有了這些小型感測器及致動器，諸如小型光譜儀之可攜式或手持式量測裝置變為可能。此等手持式或可攜式量測裝置能進行現場量測，且已隨著日益增長之需求建立新式、快速發展的技術。除具有為電磁波譜之可見部分及接近紅外線部分開發之大量裝置之外，覆蓋類似中紅外線 (mid-infrared; MIR) 及遠紅外線 (far-infrared; FIR) 之較大部分之紅外線範圍的紅外線光譜儀提供許多種應用，該等應用自化學品、食物、藥品、再循環、石油及煙處理工業中所需要之物質之量化分析延伸至質性分析。

此等 IR 光譜儀中之主要設備為傅利葉轉換干涉儀 (Fourier transform interferometer; FTIR)。此等傅利葉轉換干涉儀是基於類似 Michelson 干涉儀，其中以機械方式掃描諸如鏡之光學組件，以覆蓋特定光譜範圍。然而，當開始量測取決於時間之製程時，特別是量測短的

非重複脈衝信號時，機械掃描週期需要之時間將此等 FTIR 限制於相當緩慢的製程內。此外，機械掃描亦產生對機械振動之固有敏感性，機械振動可毀壞光譜資訊。此外，Michelson 型 FTIR（最常用之干涉儀）固有地將 50% 之源輻射反射回輻射源，而沒有利用到該 50% 之源輻射。另一方面，基於光柵及濾波器之另一類型之光譜儀允許靜態且快速偵測，但是被限制於窄光譜帶內。此外，如在光柵光譜儀之狀況下光分散至該光之光譜組件中導致對偵測小信號（無多工）不太敏感。

本發明之目的在於提供一種微影方法與設備，用來製造用於上文所述之應用中之三維結構，且該微影方法與設備解決先前技術之缺點中之至少一者及/或提供大眾有用的選擇。

【發明內容】

根據本發明之第一態樣，提供一種微影方法，該微影方法包含以下步驟：(i) 提供第一遮罩，第一遮罩具有暴露圖樣用於形成三維結構；(ii) 將第一遮罩暴露於輻射，以在輻射敏感性光阻劑中形成該暴露圖樣；該暴露圖樣由輻射敏感性光阻劑之受照射區及非受照射區所界定；(iii) 提供第二遮罩；以及(iv) 於暴露期間，改變第一遮罩與第二遮罩之間的相對位置，以屏蔽受照射區之選定部分免於輻射，使能於三維結構中創造變化的深度輪廓。

輻射可為 X 射線或紫外線 (UV) 光。輻射亦可為由電子或離子形成之粒子束。可將光阻劑沉積於諸如矽晶圓之適合基板上。

所述實施例之優點在於，可達成輻射敏感性光阻劑之部分之更準確且精確的選擇性。這使得所製造的三維結構具有變化的深度與高縱橫比之多層表面或任意表面，且階梯高度可能在小於 100 nm 至大於 1000 μm 之範圍內。縱橫比定義為結構深度與最小結構細節之間的比率。通常將高縱橫比視為顯著大於 1，最終高達幾百。較佳比率可為 6 或 7。由於所提出之方法對於形成或製造具有很高精度及精確度之三維結構尤其有用，故此方法可用於製造能夠操縱用於干涉量度學及光譜學之電磁波的光學裝置中。詳言之，此方法可用來製造用於快速平行處理傅利葉轉換干涉儀 (fast parallel-processing Fourier transform interferometer; FPP FTIR) 中之多鏡陣列，快速平行處理傅利葉轉換干涉儀具有單脈衝量測能力。大體上，任意多層平表面亦可用於操縱光波之時間結構並可應用於雷射技術、電信或全息照相術中。

較佳地，第一遮罩接觸光阻劑，且第二遮罩佈置於第一遮罩上方。換言之，第一遮罩及第二遮罩係定位於不同垂直或 Z 坐標處。

本方法可進一步包含以下步驟：每隔一段時間改變相對位置。或者，方法可包含以下步驟：連續地改變相對位置。總之，改變相對位置之步驟可包括以下步驟：維

持第二遮罩之位置並一起移動第一遮罩與光阻劑。在此狀況下，該方法可進一步包含以下步驟：沿著第一移動軸且隨後沿著第二移動軸移動第一遮罩及光阻劑二者，第二移動軸正交於第一移動軸。

或者，改變相對位置之步驟可包括以下步驟：維持第一遮罩及光阻劑之位置，並移動第二遮罩之位置。在此狀況下，該方法可包括以下步驟：沿著第一移動軸且隨後沿著第二移動軸移動第二遮罩，第二移動軸正交於第一移動軸。

遮罩中之一者也可能可進行方位角運動 (azimuthal movement)。舉例而言，該方法可包含以下步驟：繞著中心點旋轉第二遮罩。在一個實施例中，第二遮罩可包括兩個相對的孔，且該等孔可為菱形。事實上，孔可僅為一個或大於兩個，取決於遮罩之尺寸。

微影方法可包含兩個或兩個以上遮罩，且因此可想像該方法可包含以下步驟：提供第三遮罩。對於此較佳特徵而言，該方法可進一步包含以下步驟：沿著第一移動軸移動第二遮罩，並沿著第二移動軸移動第三遮罩，第二移動軸正交於第一移動軸，同時維持第一遮罩及光阻劑之位置。

有利地，暴露圖樣包括層狀結構，例如，在多鏡陣列之狀況下。

微影方法可進一步包含以下步驟：於暴露後，在顯影劑溶液中顯影光阻劑，以蝕刻掉受照射區之部分，以形

成具有變化的深度輪廓之三維結構。

輻射較佳為 X 射線，然而亦可設想其他形式之輻射，例如，UV。光阻劑可為聚合物，且較佳的光阻劑為聚甲基丙烯酸甲酯 (Poly Methyl MethAcrylate; PMMA)。詳言之，微影可為光微影或深度 X 射線微影 (Deep X-ray lithography; DXRL)。

由微影方法產生之三維結構可用來產生微米或奈米結構，且因此在第二態樣中，提供一種由三維結構產生微米或奈米結構之方法，該三維結構係根據微影方法獲得。該方法可進一步包含以下步驟：由三維結構形成模具，然後基於模具產生微米或奈米結構。

微米/奈米結構之實例為光柵結構，且在第三態樣中，提供一種光柵結構，該光柵結構係根據產生微米/奈米結構之方法獲得，該光柵結構包含層狀光柵單元的陣列，層狀光柵單元佈置於不同表面區域上，該等不同表面區域具有變化的結構高度。此光柵結構可用作多鏡陣列，該多鏡陣列可為傅利葉光譜儀之部分。

在第四態樣中，提供一種微影設備，該微影設備包含：
(i) 第一遮罩，該第一遮罩具有暴露圖樣用於形成三維結構；(ii) 第二遮罩；(iii) 輻射源，該輻射源用於使第一遮罩暴露於輻射，以在輻射敏感性光阻劑上形成該暴露圖樣；該暴露圖樣由光阻劑之受照射區及非受照射區所界定；以及(iv) 改變元件，用於改變第一遮罩與第二遮罩之間的相對位置，以屏蔽受照射區之選定部分免於

輻射，使能於該三維結構中創造變化的深度輪廓。

應瞭解，與一個態樣有關之特徵亦可適用於其他態樣。

【實施方式】

第 1 圖為示例性快速及平行處理(FPP) FTIR 光譜儀 100 之示意圖，該示例性 FPP FTIR 光譜儀 100 包含鏡佈置，該鏡佈置包括橢圓鏡 102 及準直鏡 104。橢圓鏡 102 經佈置以向準直鏡 104 反射並聚集物件或光源 106 所發射之光。準直鏡 104 由反射光 108 形成近乎平行的光束 110，並將光束 110 導向至多鏡陣列(MMA) 200。

第 2 圖繪示 MMA 200 之示意圖，MMA 200 包括 $N \times M$ 個二元光柵單元 202，該 $N \times M$ 個二元光柵單元 202 具有相異及變化的高度或深度並以棋盤狀陣列排列之表面。單元為屬於階梯式棋盤狀表面之一個個別層之區域及層狀上層結構。各單元 202 不同於其前後鏡面反射鏡之間的個別距離中之鄰近單元，且因此各單元可建立不同於下一個單元之特定光學路徑。在由 MMA 反射之後，光柵單元 202 之陣列將準直的光束 110 分離為個別子束 112，個別子束 112 中之每一者之振幅相對於光柵單元 202 之相應光學路徑作調變。將子束 112 導向至聚焦鏡 114，聚焦鏡 114 將子束 112 聚焦至空間濾波器 116，空間濾波器 116 具有孔開口 118。空間濾波器 116 經設置以過濾空間上較高繞射級之子束 112，同時允許零級輻射通過孔開口 118 作為濾過光束 120 朝向偵測器 122，

偵測器 122 定位於空間濾波器 116 的一距離處。聚焦鏡 114 同時將 MMA 200 之表面成像至偵測器 122 之表面上。偵測器 122 包括偵測器單元之陣列（未圖示），各偵測器單元量測各濾過光束之一個單強度點（single intensity point）。由於濾過光束 120 具有不同的光學路徑（由 MMA 200 建立），因此各濾過光束之光學路徑差可源自於偵測器 122 上強度點或光斑之位置。濾過光束 120 之強度及個別光學路徑差共同形成干涉圖。隨後，干涉圖經過傅利葉轉換以產生光譜，通常為樣本之透射率或吸收率對光之波長或波數或頻率之光譜。當然， $N \times M$ 陣列可為 $N \times N$ （亦即，沿各軸具有相等數目之單元）。

顯而易見的是，FPP FTIR 光譜儀 100 不受耗時的掃描機構或窄光譜工作頻帶限制。光譜儀 100 能夠使用來自物件 106 之入射光信號之全部通量且具有具靜態 MMA 200 之優點。光譜儀 100 中不存在活動部件建立緊密且堅固的設計，同時提供偵測極短的非重複脈衝之能力，該等極短的非重複脈衝通常為爆炸、火焰、放電、電漿製程、閃電、大量物件之光譜掃描及分類、流動有毒或可燃氣體等。此等製程在監視及診斷內燃燒、噴射引擎、點火、環境污染、廢物處理、有毒氣體危害、化學反應及爆炸物中具有重要意義，上述各方面與清潔能源及環境、安全、安全性、戰爭、民防及國家安全性相關。光譜儀 200 維持了 FTIR 在寬光譜範圍、產量及多工能力方面之優點。另外，光譜儀 100 藉由用於現代化 FTIR

中之分光鏡而避免 50% 的強度損失。

應瞭解，MMA 200 尤其是光柵單元之鏡表面之精確製造極為重要。現將描述藉由微影形成諸如 MMA 200 之光柵單元之多層表面的方法。

第 3a 圖為 X 射線微影設備 300 之俯視圖，X 射線微影設備 300 具有用於執行根據本發明之一實施例之微影方法之暴露階段的雙遮罩，且第 3b 圖為設備 300 之側視透視圖。設備 300 包括 X 射線掃描器臺 302 用於支撐設備 300 之其餘組件。

設備 300 包括用於承載滑動板 306 之固持器板 304，滑動板 306 具有中心較低區域 308 用於承載微平移平臺 310。微平移平臺 310 經佈置以支撐用於承載輻射敏感性光阻劑之基板臺 312，且在此實施例中，光阻劑包括聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 光阻劑 314，聚甲基丙烯酸甲酯光阻劑 314 包含多層 PMMA 薄片作為正光阻劑。當將 PMMA 光阻劑 314 暴露於輻射時，暴露部分吸收輻射而導致受照射之 PMMA 光阻劑（尤其在暴露部分處）之分子量之減少。此輻射引起之鏈剪切產生了 PMMA 光阻劑 314 之受照射部分與非受照射部分之間於顯影劑溶液中的不同溶解度。換言之，PMMA 光阻劑 314 之受照射部分之顯影速率比非受照射部分之顯影速率高得多，且其差異程度取決於接受的輻射之劑量或程度。

微平移平臺 310 經佈置以如由第 3b 圖之箭頭 A 所示線性地或水平地移動 PMMA 光阻劑 314。

第一遮罩 316 經對準並佈置於 PMMA 光阻劑 314 之頂部上，且固定第一遮罩 316 與 PMMA 光阻劑 314 之相對位置。

設備 300 進一步包括遮罩固持器板 318，遮罩固持器板 318 藉由三個測微螺絲 (micrometer screw) 320 懸掛於 PMMA 光阻劑 314 上方，這三個測微螺絲 320 使遮罩固持器板 318 與 PMMA 光阻劑 314 分離期望的距離。遮罩固持器板 318 具有圓形中心開口 322，圓形中心開口 322 經佈置以收納遮罩固持器環 324。遮罩固持器環 324 由使用數個遮罩固持器固定夾 326 之遮罩固持器板 318 來支撐，遮罩固持器固定夾 326 將遮罩固持器環 324 夾緊至遮罩固持器板 318。遮罩固持器環 324 經佈置以支撐第二遮罩 328。應瞭解，PMMA 光阻劑基板 314 (且因此，第一遮罩 316) 與第二遮罩 328 之間所要的距離 (所謂的鄰近間隙) 應處於最佳距離以允許高圖樣轉移精確度，且可藉由調整測微螺絲 320 來改變距離。

第 4 圖為繪示由第 3a 圖及第 3b 圖之設備執行之 X 射線微影方法的簡化示意圖。如第 4 圖所示，在由來自 X 射線光源 (未圖示) 之 X 射線束 330 照射期間，第一遮罩 316 與第二遮罩 328 之運動彼此相關，以允許 PMMA 光阻劑 314 之暴露區域之精確選擇性。設備 300 經佈置以便使 PMMA 光阻劑 314 通常垂直於入射 X 射線束 330。然而，在特殊狀況下，X 射線束 330 與設備 300 之間的傾斜角度亦為可能且有用的。

為詳細闡明示例性 MMA 狀況，將第一遮罩 316 直接附接於 PMMA 光阻劑 314 的頂部上，且第一遮罩 316 包括第一部分 332 及第二部分 334，第一部分 332 阻止 X 射線束 330(在由第二遮罩 328 遮蔽之後)通過至 PMMA 光阻劑 314，第二部分 334 允許 X 射線束 330 通過以照射 PMMA 光阻劑上之相應部分 336。換言之，第一部分 332 及第二部分 334 之佈置在 PMMA 光阻劑 314 上創造了特定的暴露圖樣或幾何圖樣，且在此實施例中，欲使圖樣在 PMMA 光阻劑 314 上形成層狀結構。

第二遮罩 328 用來改變暴露圖樣之特性，以便使暴露可額外空間結構化，且在此實施例中，第二遮罩 328 包括第一遮罩部分 338 及第二遮罩部分 340，第一遮罩部分 338 阻隔 X 射線束 330，第二遮罩部分 340 基本上為開孔，其允許 X 射線束 330 通過作為經遮蔽之 X 射線束 330。以此方式，第二遮罩 328 經設置以將受限且均勻劑量之束輪廓傳遞至第一遮罩 316(且因此，PMMA 光阻劑 314)，以便創造由第一遮罩 316 所形成之幾何圖樣所造成之層狀結構內之階梯式結構或輪廓。

如先前所闡釋，第一遮罩 316 進一步遮蔽經遮蔽之 X 射線束 330，以在 PMMA 光阻劑 314 上照射特定圖樣，且在此狀況下，該圖樣為一系列平行通道。第一遮罩 316 包括第一部分 332 及第二部分 334，第一部分 332 阻隔來自 X 射線光源(未圖示)之 X 射線束 330 形式的輻射，且因此第一部分 332 下方之非輻射部分 337 並未暴露於

輻射，而第二部分 334 允許 X 射線束 330 通過，以照射 PMMA 光阻劑上之相應部分 336。

如第 4 圖中所示，在位置 AA 處，經遮蔽之 X 射線束 330 照射第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 336 上之暴露區域 AA 達預定暴露時間，以在受照射部分 336 上而未在由第一遮罩 316 遮蔽之非受照射部分 337 上產生期望的深度輪廓。在經過預定暴露時間之後，藉由致動微平移平臺 310 使第一遮罩 316 與 PMMA 光阻劑 314 一起在暴露於 X 射線束 330 下沿方向 B 線性地移動，進而以例如 600 μm 步進移動基板臺 312（且因此光阻劑 314 及第一遮罩 316）。相對於靜態的第二遮罩 328，沿方向 B 移位或移動第一遮罩 316 之效應在於，使第二遮罩 328 沿著方向 C 自位置 AA 移位至位置 BB，如第 4 圖所示。

當然，可藉由反向佈置及運動達成相同效應，亦即，線性地移位第二遮罩 328 同時保持第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314 靜態或靜止。此可藉由對設備 300 之設置進行適當修改來達成。

回到第 4 圖，第一遮罩（及 PMMA 光阻劑 314）與第二遮罩之相對位置之移位對應於暴露區域 BB，且與暴露區域 AA 重疊，使得第一 PMMA 部分 336a 不再受照射，但是三個 PMMA 部分 336b、336c、336d 繼續受照射。另外，當第二遮罩 316 處於位置 BB 時，第五 PMMA 部分 336e 受照射。在預定暴露時間之後，再次於暴露期間將第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314 自位置 BB 移動至

位置 CC，且隨後移動至位置 DD，且此等位置建立相應暴露區域 CC 及相應暴露區域 DD。應瞭解，既然為第二遮罩 328 經佈置以屏蔽不應經受進一步輻射之受照射部分 336，第一遮罩 316 相對於第二遮罩 328 經過這些位置之移位使各部分 336b、336c、336d、336e、336f、336g 能夠經受不同量之暴露時間。

最終效應在於，在 PMMA 光阻劑 314 上建立對應於不同暴露時間之照射部分 336 之變化的深度輪廓。

可將第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314 相對於第二遮罩 328 沿方向 B 之運動視為參考 PMMA 光阻劑 314 沿 X 暴露場或 X 軸之移動，如第 5a 圖所示。舉例而言，參閱第 2 圖，X 暴露場移動因此將沿諸如 MMA 200 之多層結構之 X 軸建立變化的深度輪廓。為了沿多層結構之 Y 軸建立變化的深度輪廓，微平移平臺 310 經佈置以沿 Y 暴露場或 Y 軸移位第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314，該 Y 暴露場或 Y 軸正交於 X 軸，如第 5b 圖所示。

在暴露階段後，自設備 300 移除經暴露之 PMMA 光阻劑 314，且經暴露之 PMMA 光阻劑 314 經受光阻劑顯影階段，在光阻劑顯影階段中將經暴露之 PMMA 光阻劑 314 浸入適合的顯影劑溶液中，在該適合顯影劑溶液中 PMMA 光阻劑 314 之受照射部分 336 以比非受照射部分快得多的顯影速率溶解於顯影劑溶液中。所得顯影深度或蝕刻深度取決於暴露階段之劑量分佈、顯影劑溶液及顯影條件。第 6 圖顯示在 30°C 之溶液溫度下歷經 30 分

鐘顯影週期之兩種類型之顯影（亦即，攪拌(stir)顯影與浸漬(dip)顯影）的關係。在給定的顯影條件下，顯影時間及暴露劑量轉化為深度輪廓，且因此決定照射部分 336 之深度輪廓。

根據第 6 圖之蝕刻深度對暴露劑量之關係，可能導出以第 6 圖之右手側之第二縱坐標圖示的用於浸漬顯影及攪拌顯影之顯影速率與暴露劑量之間的關係。

在顯影階段之後，PMMA 光阻劑 314 顯露三維結構，該三維結構具有多層表面，該等多層表面具有變化的深度或階梯。第 7 圖為經蝕刻的三維結構之相片。

然後，經蝕刻的三維結構可用以經由電鍍建立金屬模具，然後用金屬模具來經由壓印或射出成形再生諸如 MMA 200 之三維結構（實際上，此等三維結構將為經蝕刻的三維結構之鏡像），壓印或射出成形可能是大量生產三維結構之更加成本有效的方式，尤其是大量生產具有變化的深度或高度之多層表面或階梯之微米三維結構或奈米三維結構。應澄清，儘管可能可以直接經由微影來顯影/原型設計三維結構（例如，MMA 200），但是對於大量生產，較佳地應使用成形（諸如，塑膠成形）。

第 8 圖為根據上文提出之方法之製造 MMA 之 SEM 影像，該 SEM 影像包含 4×5 個單元—由四條水平線 350 垂直分離之 5 列單元及水平的 4 行單元，如由單元尺寸（在此狀況下為 $600 \times 600 \mu\text{m}^2$ ）提供或可自影像之灰階變化而發現。

如可瞭解，此實施例提出之微影方法使能夠精確選擇暴露區域。該方法使用兩個堆疊的遮罩 316、328，其中之至少一者可相對於另一者獨立地移動。在此實施例中，第一遮罩 316 提供結構（亦即，用於此實施例之線及空間結構）之整體幾何形狀或暴露圖樣，且佈置於第一遮罩 328 之上的第二遮罩 328 能選擇輻射照射之位置、何時照射及照射多久，以及藉由適當屏蔽輻射束而決定光阻劑 314 之待照射部分。暴露區域可如由第一遮罩 316 定義之主要(2D)圖樣一般大（可能為公分範圍，取決於暴露系統及應用）或如平移平臺 310 之運動允許的一般小（次微米）。

不應將所述實施例解釋為限制性的。舉例而言，在所述實施例中，在輻射或暴露期間相對於第二遮罩之位置線性地移位第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314，以便將 PMMA 光阻劑 314 之區域選擇性地移動至第二遮罩 328 之陰影區（亦即，在可稱為吸收劑之第一遮罩部分 338 下方）中，從而允許劑量灰階沉積於暴露在 X 射線束 330 下的區域中。然而，若第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314 之位置為靜態的且替代地藉由對設備 300 進行適合修改而移位第二遮罩 328 的話，也可達成相同效應。又，也可設想，遮罩 316、328 兩者皆可經設置以移動。

第一遮罩 316 可不直接附接至 PMMA 光阻劑 314 且可與 PMMA 光阻劑 314 間隔開。又，可因此交換第一遮罩 316 與第二遮罩 328 沿垂直方向之位置，亦即，第二遮

罩 328 直接鄰接於 PMMA 光阻劑 314，而第一遮罩 316 處於第二遮罩 328 上方。

在此實施例中，第一遮罩 316 為標準微影遮罩（具有透明膜以允許光束通過，支撐圖樣化結構，圖樣化結構較佳由金屬製成，其對輻射具有接近零的透射率），該標準微影遮罩鄰進 PMMA 光阻劑 314，且第二遮罩 328 用以在給定時間對輻射束 330「開放並關閉」第一遮罩區域且達給定暴露持續時間。然而，第一遮罩及/或第二遮罩可為模板遮罩，此意謂，「開放」區域為沒有任何膜之穿透孔，諸如第 9 圖中放大圖示之模板遮罩 400。模板遮罩 400 具有 $10 \times 10 \text{ mm}^2$ 的 X 射線模板遮罩區域 402，X 射線模板遮罩區域 402 由矽遮罩框架 404 固持且由矽框架 405 支撐。遮罩區域 402 包括一系列間隔開的縱向金部件 406，該系列間隔開的縱向金部件 406 由矽遮罩框架 404 自由懸掛，而非由下層膜層支撐。縱向金部件 406 對應於第一遮罩 316 之第一部分 332，其吸收或防止輻射通過，且金部件 406 之間的通道對應於第一遮罩 316 之第二部分 334，其允許輻射通過。這避免了薄膜層對 X 射線束 330 之任何影響，且因此改良微影品質，從而產生較佳三維結構。

所述實施例將 PMMA 光阻劑 314 用於形成單體多層結構，但是亦可使用其他光阻劑材料、聚合物或基板，取決於輻射之光譜範圍及其他製程要求。

在所述實施例中，第一遮罩 316 與 PMMA 光阻劑 314

以步進運動一起移動，以產生具有階梯狀剖面之三維結構，但是應瞭解到，可安排第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314 進行連續掃掠或掃描運動，以產生連續的表面輪廓。舉例而言，若掃掠運動改變第二遮罩 328 與第一遮罩 316（且因此，PMMA 基板 314）之間的相對位置，這導致對 X 射線束 330 暴露之程度的變化，且可用來建立曲面鏡光柵。或者，可由曲面二維遮罩替換第二遮罩 328，且遮罩之曲率因此建立曲面遮罩與第一遮罩 316 及 PMMA 光阻劑 314 之間的相對位置之相應變化。遮罩間的相對位置可於光阻劑上「關閉或開放」暴露區域，因此能沉積不同程度之劑量，亦即，恆定強度暴露之持續時間。這造成對 X 射線束 330 之相應的不同暴露強度，且與沿 Y 方向之曲面遮罩掃描一起產生曲面劑量分佈。第 10 圖顯示具有曲面基礎輪廓之三維結構之 SEM 影像，其中虛線（白色）清楚地圖示曲面輪廓。

除了 X 射線微影之外，可使用其他類型之微影，例如，深度 X 射線微影 (DXRL)、UV 微影及電子或離子束微影。

除了具有經設置以相對於彼此改變位置之兩個遮罩 316、328 之外，可設想使用更多遮罩。舉例而言，可包括第三遮罩。「多個」活動遮罩技術之此佈置係圖示於第 11 圖中，且正如所述實施例，光阻劑為 PMMA 光阻劑 450 之形式，且第一遮罩 452 經對準並附接至 PMMA 光阻劑 450 之頂表面。第一遮罩 452 具有與所述實施例之第一遮罩 316 類似的結構。將第二遮罩 454 及第三遮罩

456 在不同 Z 坐標上懸掛於第一遮罩 452 上方，以選擇性地屏蔽 X 射線束 458 以免輻射至 PMMA 光阻劑 450 之選定部分上。遮罩 454、456 兩者可簡單地為板，其中該板之整個區域經設置以防止輻射通過，且因此當移位遮罩 454、456 偏向 X 射線束 458 時，束通過板之側邊。相對於第一遮罩 452、PMMA 光阻劑 450 及 X 射線束 458 之位置，第二遮罩 454 經佈置以沿 X 軸移位或移動，且第三遮罩 456 經佈置以沿 Y 軸移動。以此方式，第二遮罩 454 及第三遮罩 456 使能夠選擇 PMMA 光阻劑 450 之哪些部分來照射，此取決於屏蔽哪些部分。舉例而言，為建立三維結構，第一遮罩 452 提供用於 PMMA 光阻劑 450 之整體幾何圖樣，且首先將第一遮罩 452 暴露於 X 射線束 458，並且將遮罩 3 完全抽出，以使遮罩 3 不屏蔽 X 射線束 458。在持續暴露於 X 射線束 458 期間，接著沿 X 軸逐步或每隔一段時間移動第二遮罩 454 越過輻射區域，以選擇性地屏蔽 PMMA 光阻劑 450 之部分（由第一遮罩 452 暴露）不受 X 射線束 458 輻射。一旦完成 X 方向掃描，則移走第二遮罩 454，且啟動第三遮罩 456 以沿正交於 X 軸之 Y 軸逐步移動。以此方式，可將 PMMA 光阻劑 450 之選定部分沿 Y 軸暴露於輻射束，以沿該方向建立各種深度輪廓。

在暴露之後，同樣地在顯影劑溶液中顯影受照射 PMMA 光阻劑 450，以移除受照射區，且由第 11 圖之程序形成之經顯影所得 PMMA 結構 450 之簡化示意圖顯示

於第 12 圖，應可觀察到變化的深度輪廓或階梯結構。階梯結構之深度取決於在暴露及顯影期間接受的總劑量或總暴露時間。

應瞭解到，可藉由獨立地移位第二遮罩 454 及/或第三遮罩 456，或藉由在第二遮罩 454 及第三遮罩 456 之靜態/固定堆疊後方沿 X 方向及 Y 方向移動第一遮罩 452 及 PMMA 光阻劑 450 之堆疊，來進行遮罩 452、454、456 之間的相對運動。總之，遮罩之相對運動使能夠用如 MMA 200 所需之給定的主要圖樣（線及間隔）產生階梯狀結構。

方法亦可經調適以產生更複雜或任意的結構，諸如具有選定曲面基礎輪廓或半球形之三維結構。使用第 11 圖之實例，此實例可涉及以第四遮罩 460 替換第三遮罩，第四遮罩 460 具有半圓形孔 462，半圓形孔 462 允許輻射通過，而第四遮罩 460 之其他部分不允許輻射通過。類似地，第一遮罩 452 提供 PMMA 光阻劑 450 上之基本幾何圖樣，且可操作第二遮罩 454 以在暴露於 X 射線束 458 期間沿 X 方向線性地逐步移動。另外，在暴露於 X 射線束 458 下沿 Y 方向連續掃描或拖拉第四遮罩 460 越過第一遮罩 452 及 PMMA 光阻劑 450。

有了第四遮罩 460，在輻射及後續光阻劑顯影之後，PMMA 光阻劑 450 之選定輻射區域可具有曲面輪廓，且實例係繪示於第 14 圖中。

第 16 圖繪示另一實例，該實例具有遮罩 470，遮罩 470

的特徵在於兩個菱形（或通常稱為鑽石形）切口或孔 471，兩個菱形切口或孔 471 附接至共用部件或點 472，共用部件或點 472 經佈置以沿箭頭方向 E 繞著中心點 472 旋轉遮罩 470。菱形遮罩 470 係佈置於模板遮罩 473 上方且與模板遮罩 473 間隔開，模板遮罩 473 沉積於 PMMA 光阻劑 474 之表面上，且模板遮罩 473 之結構包括一個延長的吸收帶 475，吸收帶 475 相對於中心點 472 沿直徑延伸，且模板遮罩 473 之結構在帶 474 之各側上包括兩個半圓形孔 476。旋轉遮罩 470 因此阻隔或暴露 X 射線源照射 PMMA 光阻劑 474，取決於旋轉速度及對應於暴露劑量之暴露圖樣，而在由模板遮罩 473 暴露之光阻劑 474 之部分中形成遮罩 470 之形狀。第 17 圖顯示顯影第 16 圖之受照射光阻劑之結果。由菱形遮罩 470 與模板遮罩 473 之間的相對位置之變化產生之暴露圖樣包括具有一個沿直徑分離壁 479 之環形反向錐形凹陷 478。

應瞭解，遮罩 470 可僅具有一個菱形孔 471 而非兩個，以藉由適當調整暴露時間（例如，使暴露時間加倍）而建立與第 17 圖類似的蝕刻結構。另外，亦可將菱形孔之數目增加至三個、四個或四個以上，受遮罩 470 之大小限制，並且當孔觸及彼此時達到最大數目之孔。

應瞭解，具有高解析度之其他複雜或任意的多層結構及高縱橫比結構（諸如第 15 圖所示之結構），第 15 圖為字母「SSLS」微米結構之光學剖線儀之 3D 圖，該字母

「SSLS」微米結構以接近 100 nm 之最小深度步進蝕刻至 PMMA 光阻劑中。單個字母之寬度接近 450 μm ，且深度以接近 100 nm 之步進自 12 μm 變化至 28 μm 。自圖的大部分光阻劑頂表面輪廓被清除，以提供 PMMA 薄片內之步進及字母 490 之較佳可見度。保留光阻劑的頂表面之部分，即光阻劑之左上角 492，作為對照。

如可自以上實例瞭解，所提出之製造技術之次微米深度解析度優於普通劃線、微車削或切割技術。此外，使用微影之製造技術允許製造三維結構形狀，對使用習知製造技術之加工而言，不可能製造三維結構形狀。若光源使用 PMMA 表面之基於同步加速器之 X 射線暴露，則可產生優越的表面品質。藉由具有至少兩個可獨立移動之遮罩允許：

- 藉由使用至少一個固定遮罩及一個活動遮罩來製造複雜三維幾何形狀。使用可移動遮罩結合固定遮罩允許獨立控制由固定遮罩圖樣提供之二維幾何形狀之深度輪廓。

- 既然可平行使用由 X 射線源產生之大部分可用束，可在大型表面區域上轉移微影圖樣。此減少昂貴的暴露時間。

- 以平行方式暴露不同幾何形狀。

- 藉由使用遮罩（或吸收層）之側邊，以最小步進掃描越過光阻劑輪廓，或掃描越過固定的遮罩圖樣（傾斜的蝕刻表面之製造），或藉由在暴露期間使用遮罩以容許

或阻隔不同暴露區域之照射（平整蝕刻表面之製造），來在遮罩內調適一個結構之蝕刻平面之底表面。

由所提出之技術提供之三維結構能夠產生高光學品質之表面。在光阻劑（或 PMMA 光阻劑）處經導向之同步加速器 X 射線輻射束能夠建立光柵之層狀結構之界限分明且尖銳的側壁輪廓，尤其是蝕刻平面之底表面正交於層狀結構之側壁。

顯影微影技術結合兩者，從而在一個聚合物結構或單體結構中創造層狀結構內之階梯結構。因而，無需在微影後對所產生之結構進行額外的對準步驟。此技術之工作區域可大至若干平方公分，並且深度輪廓在 0 至毫米範圍內。X-Y 結構維度限制係由所使用之特定微影工具之習知結構限制提供。

如先前所闡釋，所提出之微影方法對於產生第 2 圖之 MMA 200（或，對於建立用於產生 MMA 200 之模具之三維結構）尤其有用。當用作光學工具時，MMA 不具有可移動部分且因此在以下方面優於現有干涉儀：

- 藉由傅利葉轉換干涉量度學手段能獲得單一短而非重複脈衝信號之光譜；
- 當量測連續波信號時改良時間解析度；
- 移除對振動之頻譜靈敏度（由於所有干涉資料係在相同時間即時收集，因此對於所有資料點振動相同，且因此不改變資料擷取）；以及

- 與 Michelson 型干涉儀相比，因具有較少機械零件而延長裝置之機械壽命。

除將製造技術用來產生用於 FPP FTIR 之 MMA 之外，3D 微影技術可用來加工用於其他光學應用之組件。此等組件包括用於線內數位全息照相術之相位調變器或用於干涉應用或分析裝置之平面/曲面鏡陣列。

廣泛地分類為用於需要物質分析之任何應用中之光譜儀的分析裝置之實例為：

- 化學工業中之化學品
- 製程分析
- 生物學及醫學中之非侵入性分析
- 醫藥工業中之藥物開發
- 包括安全性及軍事工業之環境監視
- 研究及開發市場中之物質之識別及量化

現已完全描述本發明，對於一般技術者顯而易見的是，在不脫離所主張之範疇的情況下可對本發明進行許多修改。

【圖式簡單說明】

現將參閱附圖描述本發明之實例，其中：

第 1 圖為示例性快速及平行處理(Fast and Parallel Processing; FPP) FTIR 設置之示意圖，該示例性 FPP FTIR 設置使用多鏡陣列(Multi-Mirror Array; MMA)；

第 2 圖為第 1 圖之 MMA 之放大示意圖；

第 3a 圖為設備之俯視圖，該設備具有用於執行微影方法之暴露階段的雙遮罩佈置，以用於形成諸如第 2 圖之 MMA 等的多層表面；

第 3b 圖為第 3a 圖之設備之側視透視圖；

第 4 圖為針對使用 X 射線之示例性狀況，由第 3a 圖及第 3b 圖之設備執行之暴露階段的簡化示意圖；

第 5a 圖及第 5b 圖繪示由第 4 圖之遮罩中之一者執行之 X 軸及 Y 軸暴露場運動；

第 6 圖為繪示針對由 X 射線照射之聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA) 光阻劑之示例性狀況，在第 4 圖中所示之暴露階段期間蝕刻深度、暴露劑量與顯影速率（如衍生自蝕刻深度）之間的關係之圖表；

第 7 圖為根據第 4 圖之方法獲得之蝕刻三維結構之相片；

第 8 圖為由第 7 圖之蝕刻三維結構製造之 MMA 之掃描式電子顯微鏡 (scanning electron microscope; SEM) 影像；

第 9 圖為模板遮罩之放大透視圖，該模板遮罩可與第 3a 圖及第 3b 圖之設備一起使用；

第 10 圖為具有曲面基本輪廓之三維結構之 SEM 影像；

第 11 圖為設備之簡化示意圖，該設備具有用於執行微影方法之暴露階段的三個遮罩，以用於形成諸如第 2 圖之 MMA 等的多層表面；

第 12 圖顯示根據第 11 圖之微影方法獲得之簡化蝕刻

結構；

第 13 圖為另一設備之簡化示意圖，該設備具有用於執行微影方法之暴露階段的三個遮罩，以用於形成具有曲面深度輪廓之多層表面；

第 14 圖顯示根據第 13 圖之微影方法獲得之簡化蝕刻結構；

第 15 圖為蝕刻三維微米結構之影像，該三維微結構具有如使用光學剖線儀取得之字母 SSLS；

第 16 圖為另一設備之簡化示意圖，該設備具有以兩個菱形孔為特徵之遮罩，該兩個菱形孔經佈置以繞著中心點旋轉以照射光阻劑；以及

第 17 圖顯示在輻射及顯影光阻劑之後自第 16 圖之光阻劑獲得之簡化蝕刻結構。

【主要元件符號說明】

100	FPP FTIR 光譜儀/光譜儀	102	橢圓鏡
104	準直鏡	106	物件/光源
108	反射光	110	準直光束
112	子束	114	聚焦鏡
116	空間濾波器	118	孔開口
120	濾過光束	122	偵測器
200	多鏡陣列(MMA)	202	N×M 個二元光柵單元/單元/光柵單元
300	X 射線微影設備/設備	302	X 射線掃描器臺
304	固持器板	306	滑動板
308	中心較低區域	310	微平移平臺/平移平臺
312	基板臺	314	輻射敏感性光阻劑/PMMA 光阻劑/PMMA 基板
316	第一遮罩	318	遮罩固持器板

- | | | | |
|------|-------------------------|------|---------------------|
| 320 | 測微螺絲 | 322 | 圓形中心開口 |
| 324 | 遮罩固持器環 | 326 | 遮罩固持器固定夾 |
| 328 | 第二遮罩 | 330 | X射線束/輻射束 |
| 332 | 暴露圖樣/第一部分 | 334 | 暴露圖樣/第二部分 |
| 336 | 受照射區/照射部分 | 336a | 第一 PMMA 部分 |
| 336b | PMMA 部分 | 336c | PMMA 部分 |
| 336d | PMMA 部分 | 336e | 第五 PMMA 部分 |
| 336f | 部分 | 336g | 部分 |
| 337 | 非受照射區 | 338 | 第一遮罩部分 |
| 340 | 第二遮罩部分 | 350 | 水平線 |
| 400 | 模板遮罩 | 402 | X射線模板遮罩區域/
遮罩區域 |
| 404 | 矽遮罩框架 | 405 | 矽框架 |
| 406 | 間隔開的縱向金部件/
縱向金部件/金部件 | 450 | PMMA 光阻劑/PMMA
結構 |
| 452 | 第一遮罩 | 454 | 第二遮罩 |
| 456 | 第三遮罩 | 458 | X射線束 |
| 460 | 第四遮罩 | 462 | 半圓形孔 |
| 470 | 遮罩/菱形遮罩 | 471 | 菱形切口或孔/菱形孔 |
| 472 | 共用部件或點/中心點 | 473 | 模板遮罩 |
| 474 | PMMA 光阻劑/光阻劑 | 475 | 狹長金吸收帶/帶 |
| 476 | 半圓形孔 | 478 | 環形反向錐形凹陷 |
| 479 | 沿直徑分離壁 | 490 | 字母 |
| 492 | 左上角 | A | 箭頭 |
| B | 箭頭 | C | 箭頭 |

七、申請專利範圍：

1. 一種微影方法，包含以下步驟：

(i) 提供一第一遮罩，該第一遮罩具有一暴露圖樣，用於形成一個三維結構；

(ii) 將該第一遮罩直接暴露於輻射，以在一輻射敏感性光阻劑上形成該暴露圖樣，該暴露圖樣由該光阻劑之受照射區及非受照射區所界定；

(iii) 提供一第二遮罩；以及

(iv) 於暴露期間，改變該第一遮罩與該第二遮罩之間的相對位置，以屏蔽該等受照射區之選定部分免於該輻射，並在暴露於該輻射的該輻射敏感性光阻劑的該等區中產生暴露劑量灰階，以使該三維結構中能創造具有變化的深度輪廓的特徵，該等變化的深度輪廓包含複數個表面，佈置該等表面實質平行於暴露於該輻射的該光阻劑的一表面。

2. 如請求項 1 所述之微影方法，其中該第一遮罩接觸該光阻劑。

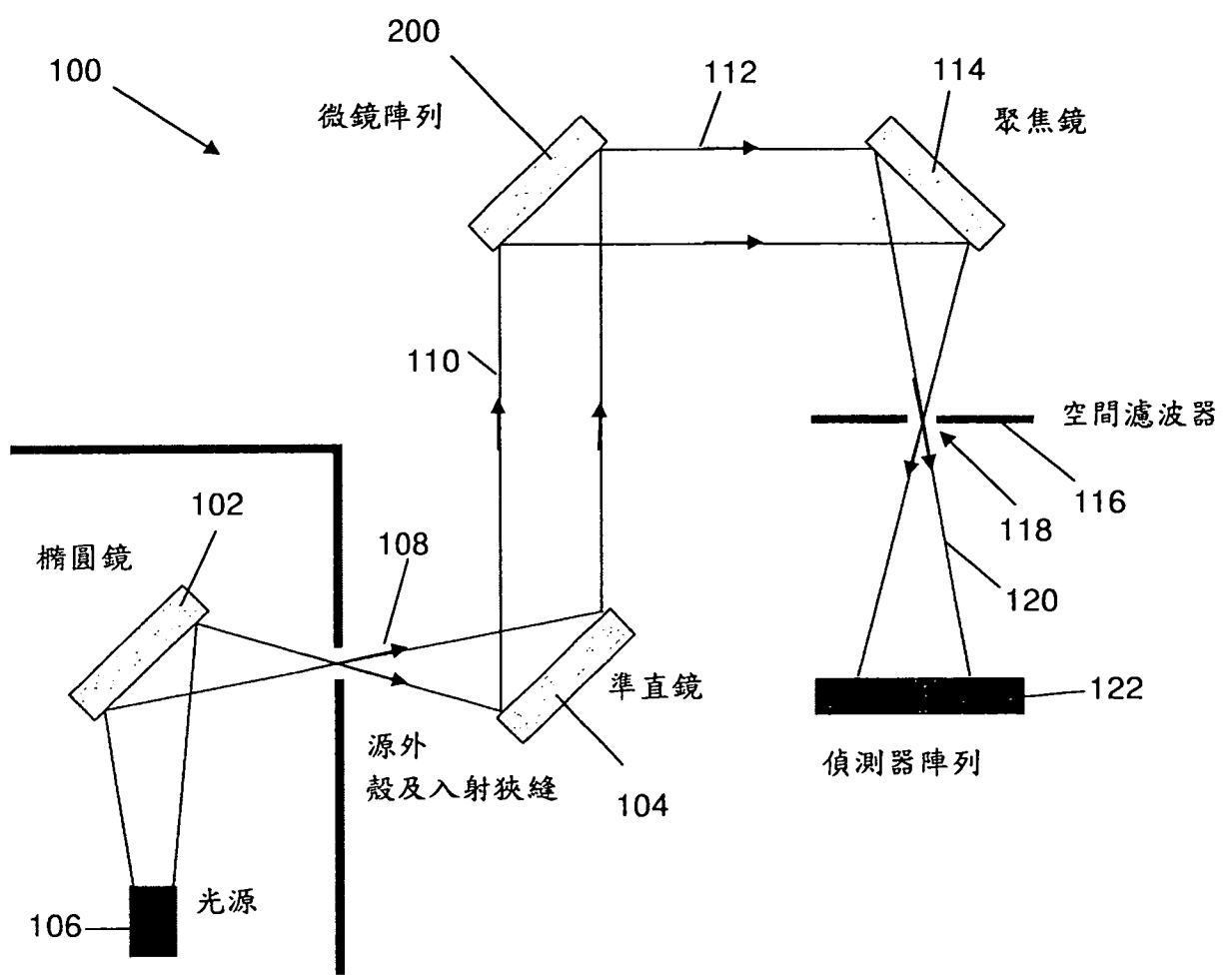
3. 如請求項 1 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：每隔一段時間改變該等相對位置，同時在該暴露期間維持該等位置。

4. 如請求項 1 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：連續地改變該等相對位置。
5. 如請求項 1 所述之微影方法，其中改變該等相對位置之步驟包括以下步驟：維持該第二遮罩之位置，並一起移動該第一遮罩與該光阻劑二者。
6. 如請求項 5 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：沿著一第一移動軸移動該第一遮罩及該光阻劑二者，且隨後沿著一第二移動軸移動該第一遮罩及該光阻劑二者，該第二移動軸正交於該第一移動軸。
7. 如請求項 1 所述之微影方法，其中改變該等相對位置之步驟包括以下步驟：維持該第一遮罩及該光阻劑之位置，並移動該第二遮罩之位置。
8. 如請求項 7 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：沿著一第一移動軸移動該第二遮罩，且隨後沿著一第二移動軸移動該第二遮罩，該第二移動軸正交於該第一移動軸。
9. 如請求項 1 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：繞著一中心點旋轉該第二遮罩。

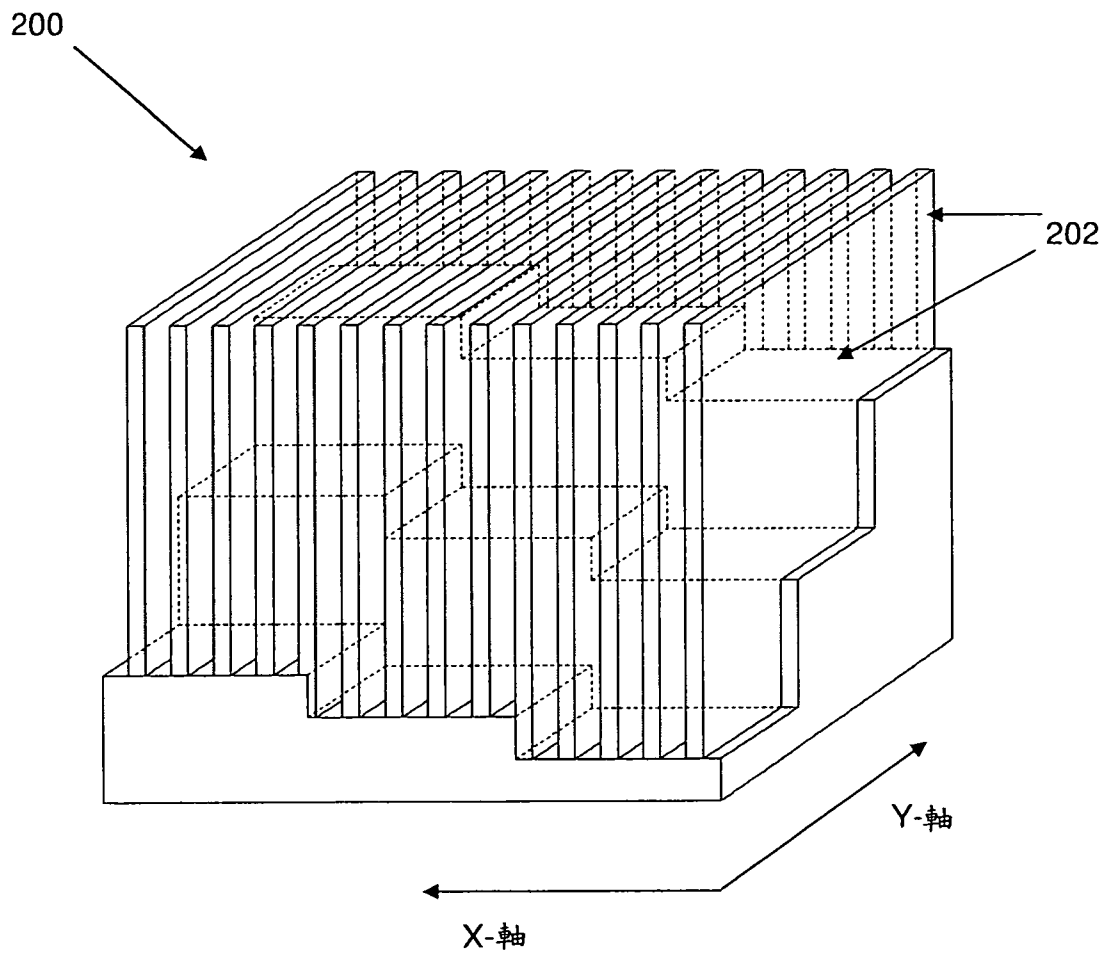
10. 如請求項 9 所述之微影方法，其中該第二遮罩包括兩個相對的孔。
11. 如請求項 10 所述之微影方法，其中該等相對的孔的每一個為菱形。
12. 如請求項 1 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：提供一第三遮罩。
13. 如請求項 12 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：沿著一第一移動軸移動該第二遮罩，並沿著一第二移動軸移動該第三遮罩，該第二移動軸正交於該第一移動軸，同時維持該第一遮罩及該光阻劑之位置。
14. 如請求項 1 所述之微影方法，其中該暴露圖樣包括一層狀結構。
15. 如請求項 1 所述之微影方法，進一步包含以下步驟：於暴露後，在一顯影劑溶液中顯影該光阻劑，以蝕刻掉該等受照射區之部分，以形成具有變化的深度輪廓之該三維結構。
16. 如請求項 1 所述之微影方法，其中該輻射為 X 射線。

17. 如請求項 1 所述之微影方法，其中該光阻劑為聚合物。
18. 如請求項 1 所述之微影方法，其中該光阻劑為聚甲基丙烯酸甲酯 (Poly Methyl MethAcrylat ; PMMA)。
19. 一種由一個三維結構產生一微米或奈米結構之方法，該三維結構係獲得自如請求項 1 至 18 中任一項所述之微影方法。
20. 如請求項 19 所述之方法，進一步包含以下步驟：由該三維結構形成一模具。
21. 如請求項 20 所述之方法，進一步包含以下步驟：基於該模具產生該微米或奈米結構。

八、圖式：



第1圖



第2圖