

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97138552

G03F 7/20 (2006.01)

※申請日期：97年10月07日

※IPC分類：G03F 7/20 (2006.01)

一、發明名稱：

H01L 21/627 (2006.01)

(中) 曝光設備及裝置製造方法

(英) Exposure apparatus and method of manufacturing device

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 佳能股份有限公司

(英) CANON KABUSHIKI KAISHA

代表人：(中) 1. 內田 恒二

(英) 1. UCHIDA, TSUNEJI

地 址：(中) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號

(英) 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 吉原 俊幸

(英) YOSHIHARA, TOSHIYUKI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 品野 勇治

(英) SHINANO, YUJI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/10/19 ; 2007-273092 ☒ 有主張優先權

發明專利說明書

(本申請書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：97138552

G03F 7/20 (2006.01)

※申請日期：97年10月07日

※IPC分類：G03F 7/20 (2006.01)

一、發明名稱：

H01L 21/627 (2006.01)

(中) 曝光設備及裝置製造方法

(英) Exposure apparatus and method of manufacturing device

二、申請人：(共 1 人)

1. 姓 名：(中) 佳能股份有限公司

(英) CANON KABUSHIKI KAISHA

代表人：(中) 1. 內田 恒二

(英) 1. UCHIDA, TSUNEJI

地 址：(中) 日本國東京都大田區下丸子三丁目三〇番二號

(英) 30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo, Japan

國籍：(中英) 日本 JAPAN

三、發明人：(共 2 人)

1. 姓 名：(中) 吉原 俊幸

(英) YOSHIHARA, TOSHIYUKI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

2. 姓 名：(中) 品野 勇治

(英) SHINANO, YUJI

國 籍：(中) 日本

(英) JAPAN

四、聲明事項：

◎本案申請前已向下列國家(地區)申請專利 ☐ 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本 ; 2007/10/19 ; 2007-273092 ☒ 有主張優先權

九、發明說明

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關於一種曝光設備及一種裝置製造方法。

【先前技術】

投影曝光設備係習用上用來以微影技術製造諸如半導體裝置之類的裝置者。此設備可透過一投影光學系統來將形成於一光罩（遮罩）上的電路紋路加以投影並移轉至施用在例如一晶圓上的抗蝕劑上。

此投影曝光設備的投影光學系統可透過一測量投影光學系統之光學特性（例如各種像差）的程序、一根據光學特性測量值來計算調節該等光學特性所需之調節量（修正量）的程序、以及一根據計算出的調節量來調整該投影光學系統的程序來加以調節或調整。

大部份要加以調節的光學特性（例如各種像差）會隨著每一元件（例如光學元件，如透鏡）的調節量而正比的改變，而他的絕對值必須要最小化。為滿足於此項需求，日本專利早期公開第 2002-367886 號提出一種利用線性規劃來決定每一元件之調節量的技術。

要加以調節的光學特性包括有例如波前像差的 RMS（均方根）值的平方等特性，其係以像平面（曝光區域內）上各個點的波前像差係數的加權平方和加以表示。就此而言，日本專利早期公開第 2005-268451 號中提出一種對於線性限制式具有良好平衡結果的線性評估值（以每一元

件調節量的線性函數加以表示的光學特性值)及二次評估值(以每一元件調節量的二次函數加以表示的光學特性值)的最佳化技術。

日本專利早期公開第 11-176744 號及國際公開第 WO 02/054036 號文獻內則提出有關於投影光學系統之光學特性調節的其他技術。

例如說，由於半導體裝置具有多種電路紋路，投影光學系統必須要能調整成能在所有的這些不同電路紋路中保持合適的成像性能。因此，就調整投影光學系統的目標函數而言，必須要包括二次光學特性，例如代表投影光學系統光瞳平面整個區域內之像差的波前像差的 RMS 值的平方，其等係以曝光區域內各個點的波前像差係數的加權平方和加以表示，例如任尼克係數 (Zernike Coefficient)。

但是，日本專利早期公開第 2002-367886 號及第 11-176744 號，以及國際公開第 WO 02/054036 號文獻並未考慮到由波前像差係數之加權平方和來加以表示的二次光學特性。

投影曝光設備的投影光學系統通常會具有寬至約 $26 \times 8 [\text{mm}^2]$ 的曝光區域。為能在整個曝光區域內保有合適的成像性能，最好是要考慮此曝光區域內的光學特性的最差值。就調節此光學系統的目標函數而言，日本專利早期公開第 2005-268451 號包含有由波前像差係數之加權平方和加以表示的二次光學特性。但是，日本專利早期公開第

2005-268451 號中所揭露的技術僅考慮該曝光區域內一個點的二次光學特性，或是曝光區域內多個點的二次光學特性值和。因此理由之故，日本專利早期公開第

2005-268451 號中所揭露的技術是無法決定出能用以將曝光區域內的二次光學特性最差值加以最小化的最佳調節量。更糟的是，日本專利早期公開第 2005-268451 號中所揭露的技術包含有用以決定出能將線性評估值加以最小化之調節量的程序，以及要在根據處理結果而得之限制的情形下將二次評估值加以最小化之調整量的程序，而這些程序必須要重覆地進行，直到該線性評估值及該二次評估值平衡為止。

【發明內容】

本發明提供一種計算一元件之調節量，以供改變光學特性值的技術。

根據本發明的第一觀點，其提供一種曝光設備，用以將一基體經由一光罩的紋路曝光於輻射能，該設備包含有一投影光學系統，包含一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上，一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者，以及一控制器，組構成可利用二次規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學

系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

根據本發明的第二觀點，其提供一種曝光設備，用以將一基體經由一光罩的紋路曝光於輻射能，該設備包含有一投影光學系統，包含一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上，一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者，以及一控制器，組構成可利用二次錐面規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

根據本發明第三觀點，其提供一種裝置製造方法，該方法包含有使用一曝光設備將一基體曝光於輻射能、將該曝光過的基體加以顯像、以及處理該顯像過的基體，以製做出該裝置，其中該曝光設備包含有一投影光學系統，包含一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是

可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上，一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者，以及一控制器，組構成可利用二次規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

根據本發明第四觀點，其提供一種裝置製造方法，該方法包含有使用一曝光設備將一基體曝光於輻射能、將該曝光過的基體加以顯像、以及處理該顯像過的基體，以製做出該裝置，其中該曝光設備包含有一投影光學系統，包含一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上，一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者，以及一控制器，組構成可利用二次錐面規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系

統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

本發明的其他特點將可自下面的範例性實施例的說明，並配合於所附圖式，而清楚得知。

【實施方式】

接下來將配合所附圖式來說明本發明的一較佳實施例。在這些圖式中，相同的參考編號代表相同的構件，且不會針對之做重覆的說明。

第 1 圖是一示意外觀圖，顯示出根據本發明之一觀點的曝光設備 1 的配置。在此實施例中，曝光設備 1 是一投影曝光設備，其係利用步進及掃描模式來將光罩 10 上的紋路移轉至一晶圓 40 上。但是，此曝光設備 1 亦可採用步進及重覆模式或其他的曝光模式。

曝光設備 1 包含有一照明光學系統（未顯示）、一用以固定光罩 10 的光罩台 20、一投影光學系統 30、一用以固定晶圓 40 的晶圓台 50、雷射干涉儀 60a、60b 及 60c、一測量單元 70、一調節器 80、以及一控制器 90。

照明光學系統（未顯示）會以來自諸如波長約 248nm 的 KrF 準分子雷射、波長約 193nm 的 ArF 準分子雷射、或波長約 157nm 的 F₂ 雷射之類的光源的光束來照射其上形成有紋路的光罩 10。

光罩 10 上具有電路紋路，係由光罩台 20 加以支撐及

驅動。由光罩 10 所造成的散射光線會由投影光學系統 30 加以投射至晶圓 40 上。

光罩台 20 支撐並驅動光罩 10，並使用例如線性馬達來移動光罩 10。光罩台 20 的功能是在控制器 90（稍後加以說明）的控制下調節光罩 10 之位置及方位中之至少一者。

投影光學系統 30 包含有多個光學元件（例如光學零件，如透鏡及孔徑光闌），可將光罩 10 的紋路投影至晶圓 40 上。調節器 80（稍後加以說明）可調節投影光學系統 30 內所包含有的該等多個光學元件中的一部份的位置、方位、及形狀的至少一者。

晶圓 40 是一可供光罩 10 之紋路投影（移轉）至其上的基體。但是，晶圓 40 也可為玻璃板或其他基板加以取代。

晶圓台 50 支撐晶圓 40，並使用例如線性馬達來將其加以移動。晶圓台 50 的功能是能在控制器 90 的控制下調節晶圓 40 之位置及方位中的至少一者。

雷射干涉儀 60a、60b 及 60c 係配設於晶圓台 50 附近，可測量晶圓台 50 的位置。

測量單元 70 可測量曝光設備 1 內的光學特性，特別是投影光學系統 30 的光學特性。測量單元 70 包含有例如一干涉儀及光強度感測器，並具有能測量投影光學系統 30 之曝光區域內每一點的波前像差的功能。測量單元 70 亦具有能測量畸變以做為投影光學系統 30 之像差的功能

。請注意到，畸變是一代表像平面上之實際像高度偏離理論像高度之程度的量值，可在像平面（曝光區域內）的每一點處加以測量。由於測量單元 70 可以是熟知此技藝者知曉的任何型式，有關其結構及操作的詳細說明將不再本文中加以說明。

調節器 80 可在控制器 90 的控制下調節包含於投影光學系統 30 內之該等多個光學元件中的一部份的位置、方位、及形狀中的至少一者。調節器 80 是由例如一可沿著光學軸線方向（第 1 圖中的 Z 軸方向）及垂直於該光學軸線方向之方向來驅動光學元件、並可驅動用來支撐該光學元件之支撐單元、並可施加一應力（推動或拉引該光學元件之力）至該光學元件上的機構所構成者。

控制器 90 包含有一 CPU 及記憶體（未顯示），並可控制的曝光設備 1 的運轉。控制器 90 可以控制例如光罩台 20 及晶圓台 50 的掃描速度。在此實施例中，控制器 90 可根據測量單元 70 所得到的測量結果，透過調節器 80 使用二次規劃或二次錐面規劃（二階錐面規劃）來計算出投影光學系統 30 之光學元件及晶圓台 50 的調節量。控制器 90 可根據投影光學系統 30 之光學元件及晶圓台 50 以二次規劃或二次錐面規劃計算得到的調節量來控制調節器 80 及晶圓台 50。請注意，控制器 90 如何計算投影光學系統 30 之光學元件及晶圓台 50 的調節量將在後面再詳細加以說明。

第 2 圖是示意地顯示出光罩 10、晶圓 40、以及包含

於投影光學系統 30 內之光學元件 302 及 304 能移動的方向（他們的驅動方向）之一例的圖式。光罩 10 的位置可由控制器 90 所控制之光罩台 20 沿著六個自由度方向（亦即箭號 X_1 、 Y_1 、 Z_1 、 ω_{X1} 、 ω_{Y1} 、 ω_{Z1} 所標示之方向）來加以調節。同樣的，晶圓 40 的位置可由控制器 90 所控制之晶圓台 50 沿著六個自由度方向（亦即箭號 X_4 、 Y_4 、 Z_4 、 ω_{X4} 、 ω_{Y4} 、 ω_{Z4} 所標示之方向）來加以調節。光學元件 302 的位置可由控制器 90 所控制之用來做為調節器 80 的驅動機構 80a 沿著六個自由度方向（亦即箭號 X_2 、 Y_2 、 Z_2 、 ω_{X2} 、 ω_{Y2} 、 ω_{Z2} 所標示之方向）來加以調節。同樣的，光學元件 304 的位置可由控制器 90 所控制之用來做為調節器 80 的驅動機構 80b 沿著六個自由度方向（亦即箭號 X_3 、 Y_3 、 Z_3 、 ω_{X3} 、 ω_{Y3} 、 ω_{Z3} 所標示之方向）來加以調節。

下面將說明用以調節投影光學系統 30 之光學特性（例如波前像差）的方法。第 3 圖是一流程圖，用來說明曝光設備 1 內之投影光學系統 30 的自動調節作業。投影光學系統 30 的自動調節是由控制器 90 加以控制的。

參閱第 3 圖，投影光學系統 30 的畸變是由測量單元 70 在步驟 S1002 內加以測量。在步驟 S1004 中，投影光學系統 30 的像差（波前像差）會由測量單元 70 加以測量。更詳細地說，是針對投影光學系統 30 之曝光區域內的 H 個測量點的波前像差。

在步驟 S1006 中，控制器 90 利用 J Zernike 正交函數

來擴張投影光學系統 30 之曝光區域內某一測量點 h 在步驟 S1004 內所測得的波前像差，並計算出每一測量點的任尼克係數 Z_{ih} 。這使其可以根據投影光學系統 30 之曝光區域內 H 個測量點的任尼克係數（波前像差係數）來計算相對於波前像差量具有線性特性的光學特性值，例如線寬不對稱、場曲率、以及像散。此光學特性值是以光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 的每一個調節量的線性函數來加以表示的，在此實施例中稱為線性光學特性值。其亦可以計算諸如波前像差之 RMS 值的平方之類的光學特性值，其係以投影光學系統 30 之曝光區域內的測量點 h 的第 j 個任尼克係數 Z_{jh} 平方乘積的和及每一任尼克分量的加權係數來加以表示。此光學特性值是以光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 的每一個調節量的二次函數來加以表示的，在此實施例中稱為二次光學特性值。

在此將針對線性光學特性值、二次光學特性值、以及畸變來加以解釋。請注意，下文中所使用的下標 h 、 i 、 j 、 k 、以及 m 是定義如下：

$$h=1, 2, \dots, H \quad \dots (1)$$

$$i=1, 2, \dots, I \quad \dots (2)$$

$$j=1, 2, \dots, J \quad \dots (3)$$

$$k=1, 2, \dots, K \quad \dots (4)$$

$$m=1, 2, \dots, M \quad \dots (5)$$

投影光學系統 30 之光學特性內的測量點 h 的第 i 個線性光學特性值 y_{ih} 是以任尼克係數 Z_{jh} 線性組合來加以表示：

$$y_{ih} = \sum_{j=1}^J a_{ij} Z_{jh} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (6)$$

其中 a_{ij} 是第 j 個任尼克係數對第 i 個光學特性值的影響程度。測量點 h 的第 j 個任尼克係數 Z_{jh} 在每一單元（光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 之每一者）的調節量改變時是可以由每一單元的第 k 個調節量 x_k 的線性組合來加以表示：

$$Z_{jh} = Z_{0jh} + \sum_{k=1}^K b_{hjk} x_k \quad (j = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (7)$$

其中 Z_{0jh} 是測量點 h 的第 j 個任尼克係數的初始值，而 b_{hjk} 是每一單元之調節量 x_k 對於測量點 h 的第 j 個任尼克係數的影響程度。

由方程式（6）及（7），我們得到：

$$y_{ih} = \sum_{j=1}^J a_{ij} Z_{0jh} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (8)$$

測量點 h 的畸變亦是可由每一單元之第 k 個調節量

x_k 的線性函數來加以表示的線性光學特性值。因此，當每一單元（光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 之每一者）的調節量改變時，測量點 h 的畸變 u_h 可由每一單元的調節量 x_k 線性組合來加以表示：

$$u_h = u_{0h} + \sum_{k=1}^K c_{hk} x_k \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (9)$$

其中 u_{0h} 是測量點 h 的畸變初始值，而 c_{hk} 是每一單元之調節量 x_k 對於測量點 h 的畸變的影響程度。

投影光學系統 30 之曝光區域內的測量點 h 處的第 m 個二次光學特性值可表示為：

$$W_{mh} = \sum_{j=1}^J d_{jm} z_{jh}^2 \quad (m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (10)$$

其中 d_{jm} 是第 j 個任尼克係數對第 m 個二次光學特性值的影響程度。

由方程式（10）及（7），我們得到：

$$W_{mh} = \sum_{j=1}^J d_{jm} \left(z_{0jh} + \sum_{k=1}^K b_{hjk} x_k \right)^2 \quad (m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (11)$$

其代表測量點 h 的 M 二次光學特性值 W_{mh} 。

由於每一單元的調節量 x_k 具有物理極限，其滿足於

:

$$L_k \leq x_k \leq U_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots(12)$$

其中 L_k 是每一單元的第 k 個調節量 x_k 的下限，而 U_k 是每一單元的第 k 個調節量 x_k 的上限。

在步驟 S1008 中，控制器 90 會透過使用二次規劃（限制二次規劃）來產生可最小化線性光學特性值、畸變、及二次光學特性值之限制式，並可計算每一單元的調節量（例如每一光學元件 302 及 304 的調節量）。

接下來將詳細解釋步驟 S1008。線性光學特性值、畸變、以及每一單元之調節量的調節範圍是由依據國際公開第 WO 02/054036 號文獻中所提出之使用虛變數的線性規劃的限制來加以決定的：

$$\sum_{j=1}^J a_{ij} z_{0jh} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots(13)$$

$$-\sum_{j=1}^J a_{ij} z_{0jh} - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots(14)$$

$$u_{0h} + \sum_{k=1}^K c_{hk} x_k \leq t_2 \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots(15)$$

$$-u_{0h} - \sum_{k=1}^K c_{hk} x_k \leq t_2 \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots(16)$$

$$0 \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad \dots(17)$$

$$0 \leq t_2 \quad \dots(18)$$

$$-x_k \leq -L_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots(19)$$

$$x_k \leq U_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots(20)$$

其中關係式 (17) 右側的 t_{1i} 及關係式 (18) 右側的 t_2 都是相當於線性光學特性值之上限的虛變數 (第一虛變數)。

換言之，關係式 (13) 至 (20) 是最佳化問題的限制式。

在以限制二次規劃來最小化由任尼克係數之加權平方和所表示的二次光學特性值時，測量點 h 的第 j 個任尼克係數的絕對值的上限 Z_{ajh} 是表示為：

$$Z_{0jh} + \sum_{k=1}^K b_{hjk} x_k \leq Z_{ajh} \quad (j = 1, 2, \dots, J; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (21)$$

$$-Z_{0jh} - \sum_{k=1}^K b_{hjk} x_k \leq Z_{ajh} \quad (j = 1, 2, \dots, J; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (22)$$

自關係式 (21) 及 (22) 可以得知，上限 Z_{ajh} 永遠是非負的值。

當限制式：

$$\sum_{j=1}^J d_{jm} Z_{ajh} Z_{ajh} \leq t_{3m} \quad (m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (23)$$

$$0 \leq Z_{ajh} \quad (j = 1, 2, \dots, J; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (24)$$

$$0 \leq t_{3m} \quad (m = 1, 2, \dots, M) \quad \dots (25)$$

其中關係式 (23) 及 (25) 右側的 t_{3m} 是相當於二次光學特性值之上限的虛變數 (第二虛變數)，並係加至前述的限制式，我們可以得一限制二次規劃問題，而其最佳化解答是可以計算的。這使其可以將投影光學系統 30 之曝光區域內的二次光學特性值的最差值加以最小化。

以此方式，限制二次規劃問題可以定義如下：

最小化：

$$f = \frac{1}{Y_i} \sum_{i=1}^I t_{1i} + \frac{1}{U} t_2 + \frac{1}{W_m} \sum_{m=1}^M t_{3m} \quad \dots (26)$$

限制：

$$\sum_{j=1}^J a_{ij} z_{0jh} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (13)$$

$$-\sum_{j=1}^J a_{ij} z_{0jh} - \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (14)$$

$$u_{0h} + \sum_{k=1}^K c_{hk} x_k \leq t_2 \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (15)$$

$$-u_{0h} - \sum_{k=1}^K c_{hk} x_k \leq t_2 \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (16)$$

$$z_{0jh} + \sum_{k=1}^K b_{hjk} x_k \leq z_{ajh} \quad (j = 1, 2, \dots, J; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (21)$$

$$-z_{0jh} - \sum_{k=1}^K b_{hjk} x_k \leq z_{ajh} \quad (j = 1, 2, \dots, J; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (22)$$

$$\sum_{j=1}^J d_{jm} z_{ajh} z_{ajh} \leq t_{3m} \quad (m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (23)$$

$$0 \leq z_{ajh} \quad (j = 1, 2, \dots, J; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (24)$$

$$0 \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad \dots (17)$$

$$0 \leq t_2 \quad \dots (18)$$

$$0 \leq t_{3m} \quad (m = 1, 2, \dots, M) \quad \dots (25)$$

$$-x_k \leq -L_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots (19)$$

$$x_k \leq U_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots (20)$$

的問題即可得到。

以方式程 (26) 所表示的目標函數最好能藉由將每一光學特性值除以一允許值來加以正規化，以便能在有著良好平衡效果的情形下將投影光學系統 30 的光學特性加以最佳化。這使其可以在有著良好平衡效果下將多個像差加以最小化。

由關係式 (13) 至 (26) 可以計算出每一單元 (光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 之每一者) 的調節量。

在計算出每一單元 (光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 之每一者) 的調節量後，控制器 90 即會在步驟 S1010 內驅動每一單元。透過此操作即可調節投影光學系統 30 的光學特性 (亦即可將投影光學系統 30 的像差加以修正)。

公式化的限制二次規劃問題一定會有一個可以計算出的最佳解。因此，當使用依據前述公式化方式之限制二次

規劃問題的計算程式（限制二次規劃求解器）來進行最佳化計算時，其可以計算每一單元的調節量（控制變數），以將線性光學特性值及二次光學特性值的最差值加以最小化。

根據此實施例的投影光學系統 30 的調節方法可以得到每一單元的最佳調節量，以供調整包含任尼克係數之加權平方和的光學特性，其代表投影光學系統 30 的波前像差。此方法亦可得到每一單元的調節量，以供以一極簡單的程序來將曝光區域內的每一點（亦即在整個曝光區域內）的光學特性值維持一適當的範圍（亦即公差）內。

投影光學系統 30 的自動調節可以利用二次錐面規劃（二階錐面規劃）來進行，如第 4 圖中所示。第 4 圖是一流程圖，用來說明曝光設備 1 內之投影光學系統 30 的自動調節作業。請注意，投影光學系統 30 之畸變的測量（步驟 S1002）、投影光學系統 30 之波前像差的測量（步驟 S1004）、以及任尼克係數的計算（步驟 S1006）均是與第 3 圖中的流程相同。

在步驟 S1008A 中，控制器 90 是使用二次錐面規劃來產生能將線性光學特性值、畸變、以及二次光學特性值加以最小化的限制式，並計算每一單元的調節量（例如每一光學元件 302 及 304 的調節量）。

更詳細地說，當關係式（13）至（26）改寫成等效的表示式時：

最小化：

$$f = \frac{1}{Y_i} \sum_{i=1}^I t_{1i} + \frac{1}{U} t_2 + \frac{1}{W_m} \sum_{m=1}^M t_{3m} \quad \dots (27)$$

限制：

$$0 \leq -\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k + t_{1i} - \sum_{j=1}^J a_{ij} z_{0jh} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (28)$$

$$0 \leq \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^J a_{ij} b_{hjk} x_k + \sum_{j=1}^J a_{ij} z_{0jh} \quad (i = 1, 2, \dots, I; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (29)$$

$$0 \leq -\sum_{k=1}^K c_{hk} x_k + t_2 - u_{0h} \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (30)$$

$$0 \leq \sum_{k=1}^K c_{hk} x_k + t_2 + u_{0h} \quad (h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (31)$$

$$\left\| \begin{pmatrix} B_{hm} & 0 \\ -\frac{\alpha_{hm}^T}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s \\ t_{3m} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 0 \\ -\frac{\beta_{hm}+1}{2} \end{pmatrix} \right\| \leq \begin{pmatrix} -\frac{\alpha_{hm}^T}{2} & \frac{1}{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} s \\ t_{3m} \end{pmatrix} + -\frac{\beta_{hm}+1}{2}$$

$$(m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (32)$$

$$0 \leq t_{1i} \quad (i = 1, 2, \dots, I) \quad \dots (33)$$

$$0 \leq t_2 \quad \dots (34)$$

$$0 \leq t_{3m} \quad \dots (35)$$

$$-x_k \leq -L_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots (36)$$

$$x_k \leq U_k \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad \dots (37)$$

其中 s 、 B_{hm} 、 α_{hm} 、以及 β_{hm} 分别是：

$$s = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_k \end{pmatrix} \quad \dots (38)$$

$$B_{hm} = \begin{pmatrix} d_{1m}b_{h11} & d_{1m}b_{h12} & \cdots & d_{1m}b_{h1K} \\ d_{2m}b_{h21} & d_{2m}b_{h22} & \cdots & d_{2m}b_{h2K} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ d_{Jm}b_{hJ1} & d_{Jm}b_{hJ2} & \cdots & d_{Jm}b_{hJK} \end{pmatrix}$$

(m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (39)

$$\alpha_{hm} = \begin{pmatrix} 2 \sum_{j=1}^J d_{jm}^2 b_{hj1} Z_{0jh} \\ 2 \sum_{j=1}^J d_{jm}^2 b_{hj2} Z_{0jh} \\ \vdots \\ 2 \sum_{j=1}^J d_{jm}^2 b_{hjK} Z_{0jh} \end{pmatrix}$$

(m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H) \quad \dots (40)

$$\beta_{hm} = \sum_{j=1}^J d_{jm}^2 Z_{0jh}^2 \quad (m = 1, 2, \dots, M; h = 1, 2, \dots, H)$$

\dots (41)

就可形成能計算出最佳解的二次錐面規劃問題。這使其可以將投影光學系統 30 之曝光區域內的二次光學特性值的最差值加以最佳化。

如前所述，關係式 (27) 至 (41) 係藉由改寫關係式 (13) 至 (26) 而得的，構成一個以 $\{x_k, t_{1i}, t_2, t_{3m}\}$ 為變數的二次錐面規劃問題。

由關係式 (27) 至 (41) 可以計算出每一單元 (光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 之每一者) 的調節量。

在計算出每一單元（光罩台 20、晶圓台 50、以及光學元件 302 及 304 之每一者）的調節量後，控制器 90 即會在步驟 S1010 內驅動每一單元。透過此操作即可調節投影光學系統 30 的光學特性（亦即可將投影光學系統 30 的像差加以修正）。

公式化的二次錐面規劃問題一定會有一個可以計算出的最佳解。因此，當使用依據前述公式化方式之二次或二階錐面規劃問題的計算程式（二次錐面規劃求解器）來進行最佳化計算時，其可以計算每一單元的調節量（控制變數），以將線性光學特性值及二次光學特性值的最差值加以最小化。此外，根據本實施例的曝光設備 1 可以在短時間內完成前述的計算作業，因為僅使用少量的控制變數。這使其可以在曝光設備 1 真時地修正像差時，穩定地維持高處理能力。

做為控制變數的每一單元的調節量 x_k 包括有晶圓台 50 的調節量（例如聚焦調節及對準調節的量）。即使是當投影光學系統 30 之曝光區域內的每一點的波前像差包含有散焦分量，根據此實施例之用來調節投影光學系統 30 的方法亦可在不受散焦分量的任何影響下得到每一單元的調節量。同樣的，即使是投影光學系統 30 之曝光區域內每一點的畸變包含有對準分量，根據此實施例之用來調節投影光學系統 30 的方法亦可在不受對準分量的任何影響下得到每一單元的調節量。

在曝光時，由光源發出的光束會由照明光學系統來照

射至光罩 10 上。此光束會反映出光罩 10 的紋路而由投影光學系統 30 加以在晶圓 40 上形成一影像。由於投影光學系統 30 之曝光區域內的光學特性可透過前述方法來加以最佳化地調節，因此投影光學系統 30 能在極佳的成像性能下將光罩 10 的紋路投影至晶圓 40 上。因此，此曝光設備 1 能以高產能及良好的經濟效率來提供裝置（例如半導體裝置、LCD 裝置、影像感測裝置（如 CCD）、以及薄膜磁頭）。這些裝置可經由利用曝光設備 1 來曝光塗佈有抗蝕劑（光敏藥劑）之基體（例如晶圓或玻璃板）之步驟、顯像該曝光之基體的步驟、以及其他已知的步驟來加以製做。該等其他已知的步驟可以是例如氧化、薄膜成形、蒸氣沉積、摻雜、平坦化、蝕刻、抗蝕劑剝除、切割、黏結、以及封裝等程序。

雖然前文中針對範例性實施例來說明本發明，但是可以瞭解，本發明並不僅限於前面所揭露的範例性實施例。下文之申請專利範圍係配合於最廣闊的界定，以包含所有的這些變化及等效的結構及功能。

【圖式簡單說明】

第 1 圖是一示意外觀圖，顯示出根據本發明之一觀點的曝光設備的配置。

第 2 圖是示意地顯示出一光罩、一晶圓、以及一包含於投影光學系統內之光學元件能在第 1 圖所示之曝光設備內移動的方向（他們的驅動方向）之一例的圖式。

第 3 圖是一流程圖，用來說明第 1 圖所示之曝光設備內之投影光學系統的自動調節或調整作業。

第 4 圖是一流程圖，用來說明第 1 圖所示之曝光設備內之投影光學系統的另一種自動調節作業。

【主要元件符號說明】

1：曝光設備

10：光罩

20：光罩台

30：投影光學系統

40：晶圓

50：晶圓台

60a：雷射干涉儀

60b：雷射干涉儀

60c：雷射干涉儀

70：測量單元

80：調節器

80a：驅動機構

80b：驅動機構

90：控制器

302：光學元件

304：光學元件

五、中文發明摘要

發明名稱：曝光設備及裝置製造方法

本發明提供一種曝光設備，包含有一投影光學系統，其包含一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者，以及一控制器，組構成可利用二次規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

六、英文發明摘要

發明名稱：

EXPOSURE APPARATUS AND METHOD OF MANUFACTURING DEVICE

The present invention provides an exposure apparatus comprising a projection optical system including an optical element of which at least one of a position, orientation, and shape can be regulated, a regulator configured to regulate the at least one of the position, orientation, and shape of the optical element, and a controller configured to calculate, using quadratic programming, a regulation amount of the optical element that minimizes a value of an objective function expressed by a first dummy variable serving as an upper limit of a linear optical characteristic value of the projection optical system, and a second dummy variable serving as an upper limit of a quadratic optical characteristic value of the projection optical system, and to control the regulator based on the calculated regulation amount.

十、申請專利範圍

1. 一種曝光設備，用以將一基體經由一光罩的紋路曝光於輻射能，該設備包含有：

一投影光學系統，包含有一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上；

一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者；以及

一控制器，組構成可利用二次規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

2. 一種曝光設備，用以將一基體經由一光罩的紋路曝光於輻射能，該設備包含有：

一投影光學系統，包含有一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上；

一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者；以及

一控制器，組構成可利用二次錐面規劃來計算出該光

學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

3. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之曝光設備，其中該線性光學特性值是一由波前像差係數之線性組合所表示的光學特性的數值。

4. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之曝光設備，其中該線性光學特性值是一做為該投影光學系統之像差的畸變的數值。

5. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之曝光設備，其中該二次光學特性值是一由波前像差係數之加權平方和所表示的光學特性的數值。

6. 如申請專利範圍第 5 項所述之曝光設備，其中該等波前像差係數是任尼克係數。

7. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之曝光設備，其中該二次光學特性值是波前像差的均方根值的平方。

8. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之曝光設備，進一步包含有一台座裝置，組構成能固定該基體，並調節該基體的位置及方位中的至少一者，

其中該線性光學特性值包含有該投影光學系統中由該

台座裝置所提供之該基體調節量的線性函數加以表示的光學特性值，

該二次光學特性值包含有該投影光學系統中由該台座裝置所提供之該基體調節量的二次函數加以表示的光學特性值，以及

該控制器係組構成可計算該光學元件的調節量及該基體的調節量，其等可將該目標函數加以最小化，並可根據該等計算出的調節量來控制該調節器及該台座裝置。

9. 如申請專利範圍第 1 項或第 2 項所述之曝光設備，進一步包含有一台座裝置，組構成能固定該光罩，並調節該光罩的位置及方位中的至少一者，

其中該線性光學特性值包含有該投影光學系統中由該台座裝置所提供之該光罩調節量的線性函數加以表示的光學特性值，

該二次光學特性值包含有該投影光學系統中由該台座裝置所提供之該光罩調節量的二次函數加以表示的光學特性值，以及

該控制器係組構成可計算該光學元件的調節量及該光罩的調節量，其等可將該目標函數加以最小化，並可根據該等計算出的調節量來控制該調節器及該台座裝置。

10. 一種裝置製造方法，該方法包含有下列步驟：

使用一曝光設備將一基體曝光於輻射能；

將該曝光過的基體加以顯像；以及

處理該顯像過的基體，以製做出該裝置，

其中該曝光設備包含有：

一投影光學系統，包含有一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上；

一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者；以及

一控制器，組構成可利用二次規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

11. 一種裝置製造方法，該方法包含有下列步驟：

使用一曝光設備將一基體曝光於輻射能；

將該曝光過的基體加以顯像；以及

處理該顯像過的基體，以製做出該裝置，

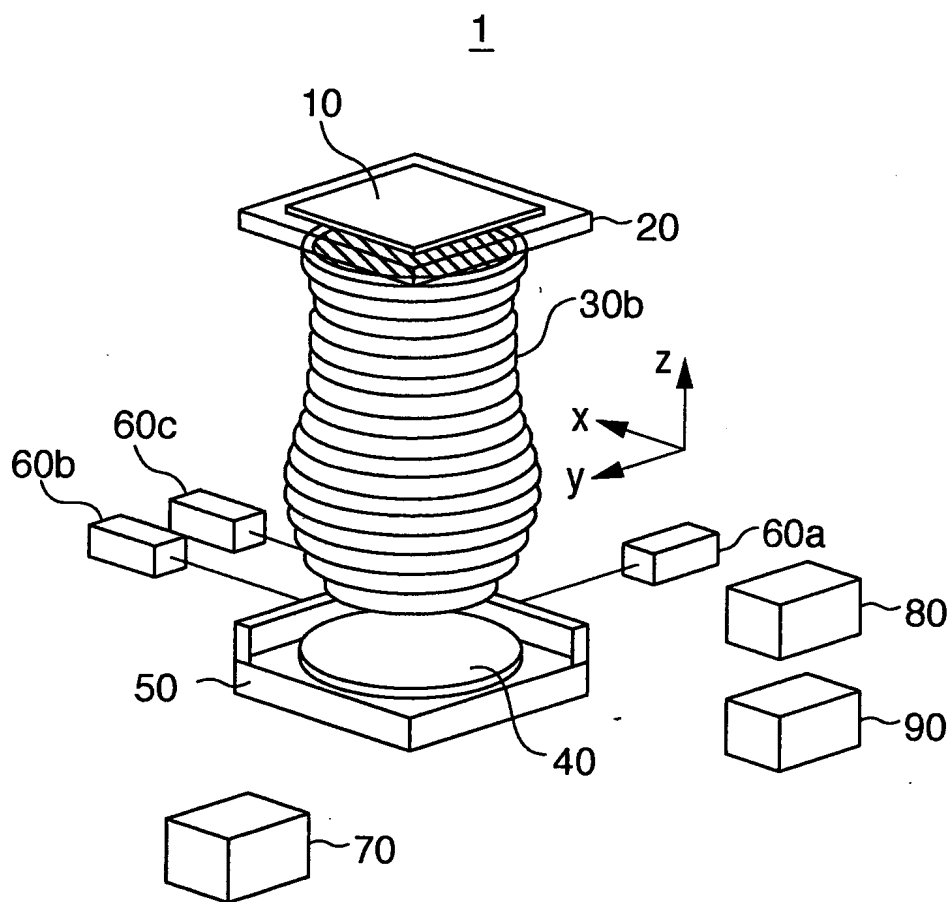
其中該曝光設備包含有：

一投影光學系統，包含有一光學元件，其位置、方位、以及形狀中的至少一者是可調節的，並係組構成可將光線自該紋路投射至該基體上；

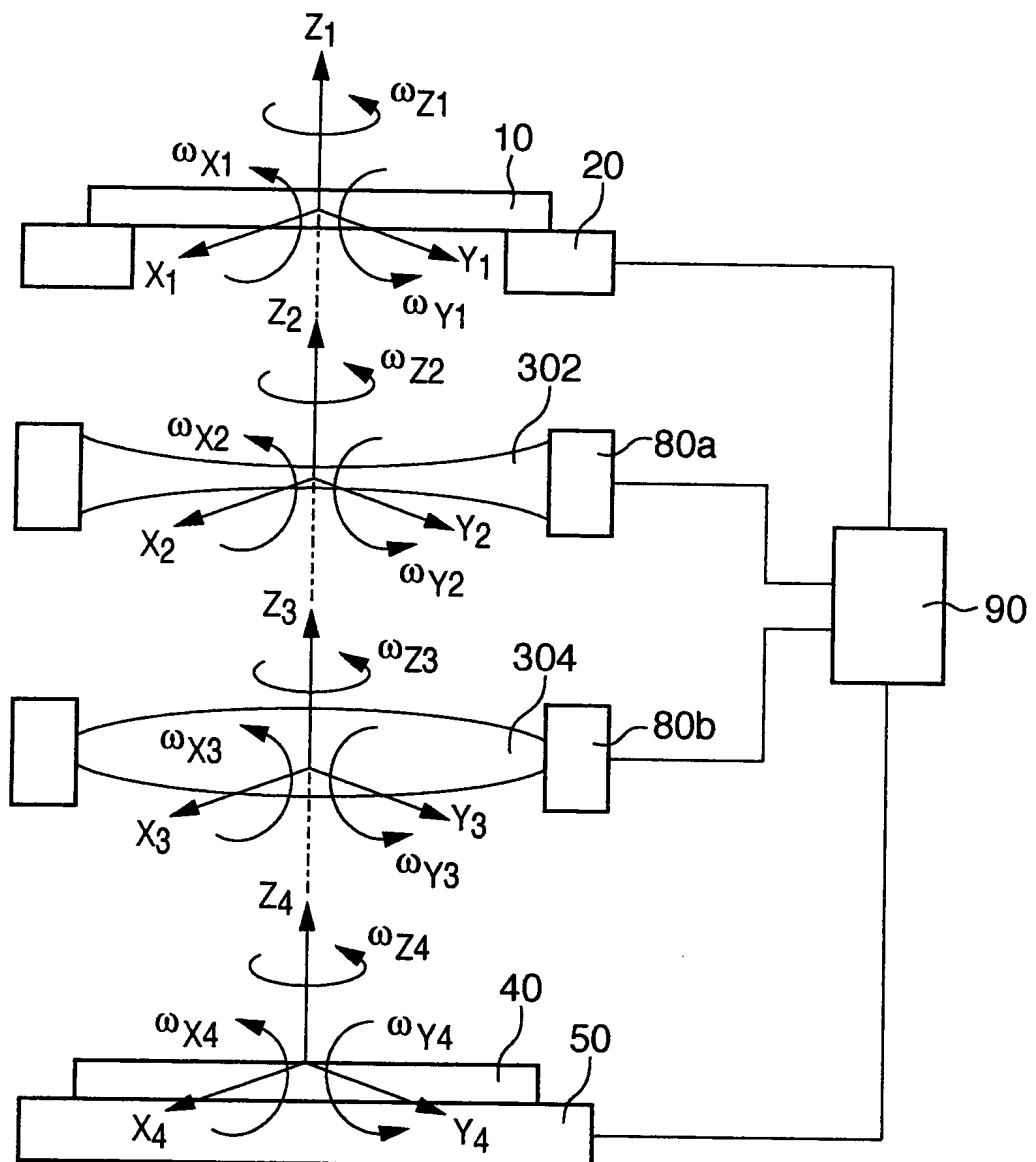
一調節器，組構成可調節該光學元件的位置、方位、以及形狀中的至少一者；以及

一控制器，組構成可利用二次錐面規劃來計算出該光學元件的一調節量，其可將一由一第一虛變數及一第二虛變數加以表示的目標函數之值加以最小化，該第一虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的線性函數加以表示之線性光學特性值的上限，而該第二虛變數係做為該投影光學系統中由該調節器所提供之該光學元件調節量的二次函數加以表示之二次光學特性值的上限，並可根據該計算出的調節量來控制該調節器。

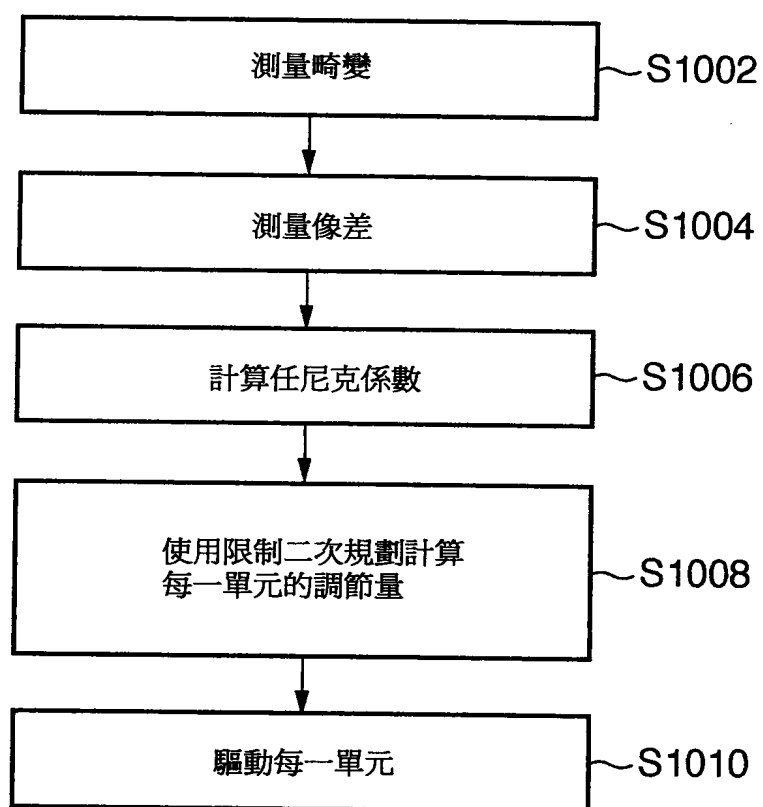
第1圖



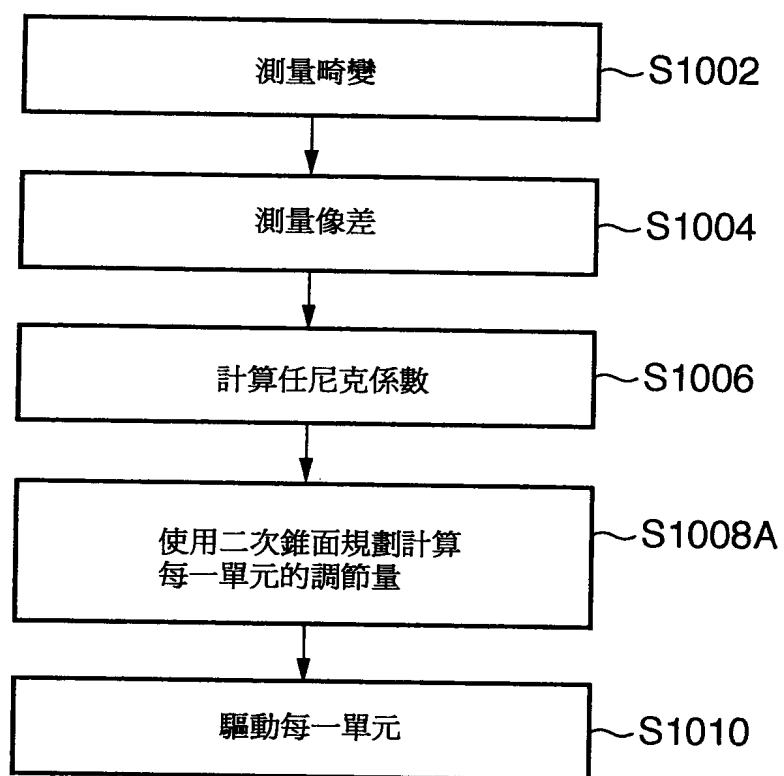
第2圖



第3圖



第4圖



七、指定代表圖：

(一)、本案指定代表圖為：第 (1) 圖

(二)、本代表圖之元件代表符號簡單說明：

1：曝光設備
10：光罩
20：光罩台
30：投影光學系統
40：晶圓
50：晶圓台
60a：雷射干涉儀
60b：雷射干涉儀
60c：雷射干涉儀
70：測量單元
80：調節器
90：控制器

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無