



(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 I412898 B

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 10 月 21 日

(21) 申請案號：098100652

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 01 月 09 日

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

G03B27/54 (2006.01)

G03B27/72 (2006.01)

G01J4/00 (2006.01)

(30) 優先權：2008/01/10 日本

2008-003641

(71) 申請人：佳能股份有限公司 (日本) CANON KABUSHIKI KAISHA (JP)

日本

(72) 發明人：荒井禎 ARAI, TADASHI (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

US 2005/0024612A1

US 2007/0046921A1

【Polarization aberrations in hyper-numerical-aperture projection printing: a comparison of various representations】 Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS 5(03), 033001, (1 Jul 2006)。

審查人員：呂燦

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：7 共 0 頁

(54) 名稱

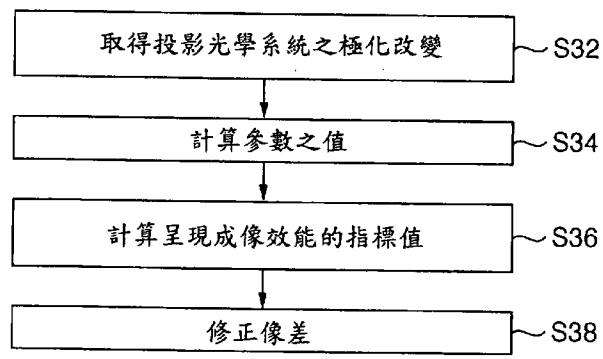
評估方法，控制方法，曝光設備，及記憶體媒體

EVALUATION METHOD, CONTROL METHOD, EXPOSURE APPARATUS, AND MEMORY MEDIUM

(57) 摘要

一種評估一投影光學系統之成像效能的方法，包含指定該投影光學系統之一極化改變之一步驟，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的該極化狀態之間的關係、計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相關之一參數的值之一第一計算步驟、以及基於以一單元量改變該參數之值時，代表成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變之一狀態中，代表成像效能之一指標值之一第二計算步驟。

圖1B



# 發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：98100652

G03F 7/50 (2006.01)

※申請日：98年01月09日

※IPC分類：

G03B 29/50 (2006.01)

G03B 29/72 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

G01J 4/00 (2006.01)

評估方法，控制方法，曝光設備，及記憶體媒體

Evaluation method, control method, exposure apparatus, and memory medium

## 二、中文發明摘要：

一種評估一投影光學系統之成像效能的方法，包含指定該投影光學系統之一極化改變之一步驟，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的該極化狀態之間的關係、計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相關之一參數的值之一第一計算步驟、以及基於以一單元量改變該參數之值時，代表成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變之一狀態中，代表成像效能之一指標值之一第二計算步驟。

三、英文發明摘要：

412898

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第 1B 圖。

(二) 本代表圖之元件符號簡單說明：無

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

## 六、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於用於投影光學系統之成像效能的評估方法及控制方法、具有實現該等方法的曝光設備、及儲存用於實現該等方法之電腦程式的記憶體媒體。

### 【先前技術】

將原始版之樣式投影至基材以從而曝光該基材的曝光設備係在用於製造諸如半導體裝置之裝置的光微影中使用。近年來，隨著裝置樣式的更行小型化，對該曝光設備解析度的改善要求持續增加。

為改善該曝光設備的解析度，該投影光學系統的 NA 持續增加。最近，具有 0.90 或以上之 NA 的曝光設備，及藉由在該基材及該投影光學系統之最終表面間的空間填充具有 1.0 或以上之折射率的媒體以達到 1.0 或以上之有效 NA 的浸潤式光微影技術已實際使用。

隨著該 NA 增加，入射光在該投影光學系統上的極化狀態對該解析度施予顯著的影響。在該情況下，已提出控制該入射光之極化狀態（該極化狀態廣義上包含非極化）的技術，以達到更高的解析度。

然而，實際上，改變該極化狀態之光學元件（包含該投影光學系統及照明光學系統之光學元件、抗反射膜、反射膜、光罩、遮罩膜、及光阻）係安插在該光學路徑中。因此，影像可能不會以目標極化狀態在該基材上形成。

使該等光學元件改變該極化狀態之因素的例子係水晶玻璃材料之固有雙折射、在製造光學系統材料、光罩、及基材時給予彼等之殘餘應力，及持有彼等時產生的應力雙折射、及在遮罩膜、光阻、抗反射膜與反射膜之反射/傳輸特徵中的極化差異。

在該投影光學系統的物面上碰撞之光的極化狀態通常係以瓊斯向量或斯托克斯參數 (Stokes parameters) 表示。再者，呈現在該投影光學系統上直至其脫離該投影光學系統的入射光之極化狀態中的改變之極化改變通常係以瓊斯矩陣或繆勒矩陣 (Mueller matrix) 表示。

日本特許公開專利申請案編號第 2006-237109 號及第 2006-173305 號揭示評估該極化狀態及極化改變對該成像效能所施予之影響的技術。

習知技術係極端無效率的，因為量測或光學成像模擬必須重覆多次以評估該投影光學系統的成像效能，並基於該評估結果控制該投影光學系統之成像效能。

### 【發明內容】

本發明已將上述狀況列入考量，並將改善投影光學系統之成像效能的評估效率或基於該評估結果對該投影光學系統之控制作為其模範目標。

根據本發明之第一實施樣態，提供一種評估投影一原始版之樣式至一基材上的一投影光學系統之成像效能的評估方法，該方法包含指定該投影光學系統之一極化改變之



一指定步驟，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的該極化狀態之間的關係、計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相關之一參數的值之一第一計算步驟、以及基於以一單元量改變該參數之值時，代表該投影光學系統的成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變之一狀態中，代表該投影光學系統的成像效能之一指標值的一第二計算步驟。

根據本發明之第二實施樣態，提供一種控制投影一原始版之樣式至一基材上的一投影光學系統之成像效能的控制方法，該方法包含指定該投影光學系統之一極化改變之一指定步驟，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的該極化狀態之間的關係、計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相關之一參數的值之一第一計算步驟、基於以一單元量改變該參數之值時，代表該投影光學系統的成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變之一狀態中，代表該投影光學系統的成像效能之一指標值的一第二計算步驟、以及基於在該第二計算步驟中計算的該指標值控制該投影光學系統之成像效能的一控制步驟。

根據本發明之第三實施樣態，提供一曝光設備，其包

含一照明光學系統，其組態成照明一原始版、一投影光學系統，其組態成將由該照明光學系統照明之該原始版的樣式投影至一基材上、及一控制器，其組態成控制該投影光學系統之成像效能，其中該控制器執行一程序，其包含一指定步驟，其指定該投影光學系統之一極化改變，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的一極化狀態之間的關係、一第一計算步驟，其計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相關之一參數的值、一第二計算步驟，其基於以一單元量改變該參數之值時，代表該投影光學系統的成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變的一狀態中，代表該投影光學系統之成像效能的一指標值、以及一控制步驟，其基於在該第二計算步驟中計算的該指標值控制該投影光學系統之成像效能。

根據本發明之第四實施樣態，提供一記憶體媒體，其儲存用於使一電腦執行用於評估一投影光學系統的成像效能之一程序的一電腦程式，該投影光學系統將一原始版的樣式投影至一基材，該媒體包含一指定步驟，其指定該投影光學系統之一極化改變，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的一極化狀態之間的關係、一第一計算步驟，其計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相

關之一參數的值、及一第二計算步驟，其基於以一單元量改變該參數之值時，代表該投影光學系統的成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變的一狀態中，代表該投影光學系統之成像效能的一指標值。

根據本發明之第五實施樣態，提供一記憶體媒體，其儲存用於使一電腦執行用於評估一投影光學系統的成像效能之一程序之一電腦程式，該投影光學系統將一原始版的樣式投影至一基材，該媒體包含一指定步驟，其指定該投影光學系統之一極化改變，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的一極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的一極化狀態之間的關係、一第一計算步驟，其計算具有與在該指定步驟中指定之該投影光學系統的極化改變相關之一參數的值、一第二計算步驟，其基於以一單元量改變該參數之值時，代表該投影光學系統的成像效能之該指標值中的一改變量，及在該第一計算步驟中計算之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中指定極化改變的一狀態中，代表該投影光學系統之成像效能的一指標值、以及一控制步驟，其基於在該第二計算步驟中計算的該指標值控制該投影光學系統之成像效能。

本發明之其他特性會從下文之對模範實施例的描述並參考至該等附屬圖式而變得明顯。

## 【實施方式】

茲參考該等附隨圖式於下文中描述本發明之較佳實施例。

曝光設備藉由投影光學系統將原始版（也稱為光罩或遮罩）的樣式投影至以光敏劑塗佈之基材上，從而在該光敏劑上形成潛像。該投影光學系統的極化改變能使用，例如，瓊斯矩陣  $J$  表示，該極化改變呈現在該投影光學系統上碰撞之光的該極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的該極化狀態之間的關係。瓊斯矩陣  $J$  係藉由以下之  $2 \times 2$  複數矩陣給定：

$$J = \begin{pmatrix} J_{11} & J_{12} \\ J_{21} & J_{22} \end{pmatrix} \quad \dots (1)$$

其中瓊斯矩陣的該等元素  $J_{11}$ 、 $J_{12}$ 、 $J_{21}$ 、及  $J_{22}$  係複數。

將瓊斯矩陣的包立膨脹給定為：

$$\begin{aligned} J &= a_0\sigma_0 + a_1\sigma_1 + a_2\sigma_2 + a_3\sigma_3 \\ &= \begin{pmatrix} a_0 + a_1 & a_2 - ia_3 \\ a_2 + ia_3 & a_0 - a_1 \end{pmatrix} \quad \dots (2) \end{aligned}$$

其中  $i$  係虛數， $\sigma_0$ 、 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、及  $\sigma_3$  為包立自旋矩陣，將彼等給定為：

$$\begin{aligned}
 \sigma_0 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \\
 \sigma_1 &= \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \\
 \sigma_2 &= \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \\
 \sigma_3 &= \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}
 \quad \dots (3)$$

且該等包立特徵值  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、及  $a_3$  爲複數。使用瓊斯矩陣  $J$  的該等元素，將該等包立特徵值  $a_0$ 、 $a_1$ 、 $a_2$ 、及  $a_3$  給定爲：

$$\begin{aligned}
 a_0 &= (J_{11} + J_{22})/2 \\
 a_1 &= (J_{11} - J_{22})/2 \\
 a_2 &= (J_{21} + J_{12})/2 \\
 a_3 &= (J_{21} - J_{12})/2
 \end{aligned}
 \quad \dots (4)$$

已使用常用之包立膨脹法提供以上描述。須注意在完全非極化狀態中之光的相位係以波前像差表示。爲了易於理解，只包含極化相關部分之運算式係藉由正規化瓊斯矩陣  $J$  以移除在完全非極化狀態中的光成分之相位而得到。將正規化之瓊斯矩陣  $J'$  給定爲：

$$\begin{aligned}
 \phi_0 &= \arctan(a_{0i} / a_{0r}) \\
 J' &= \exp(-i\phi_0)J
 \end{aligned}
 \quad \dots (5)$$

其中  $a_{0r}$  係實數部，且  $a_{0i}$  爲虛數部。

藉由在關係式 (4) 中代入瓊斯矩陣  $J'$  而得到的包立特徵值  $a'_0$ 、 $a'_1$ 、 $a'_2$ 、及  $a'_3$  之虛數部  $a'_{0i}$  如以下所給定的

爲 0 :

$$a'_{0i} = 0 \quad \dots \quad (6)$$

因爲該曝光設備的投影光學系統在極化光學成分間具有小相差及傳輸差，可近似爲：

$$\begin{aligned} a'_{0r} \pm a'_{1r} &\approx a'_{0r} \\ a'_{0r} \pm a'_{2r} &\approx a'_{0r} \\ a'_{0r} \pm a'_{3r} &\approx a'_{0r} \end{aligned} \quad \dots \quad (7)$$

將當其在該投影光學系統上碰撞時其係 X-極化的且當其從該投影光學系統脫離時其仍保持爲 X-極化的成分之相位  $\phi_{10}$ ，及當其在該投影光學系統上碰撞時其係 Y-極化的且當其從該投影光學系統脫離時其仍保持爲 Y-極化的成分之相位  $\phi_{01}$  給定爲：

$$\begin{aligned} \phi_{10} &= \arctan[(a_{0i} + a_{1i}) / (a_{0r} + a_{1r})] \\ \phi_{01} &= \arctan[(a_{0i} - a_{1i}) / (a_{0r} - a_{1r})] \end{aligned} \quad \dots \quad (8)$$

從關係式 (6)、(7)、及 (8)，可以得到：

$$\phi_{10} \approx \phi_1 = \arctan(a_{1i} / a_{0r}) \approx -\phi_{01} \quad \dots \quad (9)$$

相位  $\phi_{10}$  及  $\phi_{01}$  具有相反之正負號且能以一相位參數  $\phi_1$  描述。將相位參數  $\phi_1$ 、 $45^\circ$  化光及  $135^\circ$  極化光的相位參數  $\phi_2$ 、

及右旋圓極化光及左旋圓極化光的參數  $\phi_3$  給定為：

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \arctan(a_{1i} / a_{0i}) \\ \phi_2 &= \arctan(a_{2i} / a_{0i}) \\ \phi_3 &= \arctan(a_{3i} / a_{0i})\end{aligned}\quad \dots (10)$$

須注意該等參數  $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、及  $\phi_3$  的單位系統可能，例如，藉由將彼等乘  $1000 / (2\pi)$  而改變成  $m/\lambda$ 。

在此實施例中，以上述方式得到的該等參數  $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、及  $\phi_3$  係藉由冊尼克級數 (Zernike series) 展開。將該投影光學系統的瓊斯矩陣  $J$  表示成光瞳函數。假設該光瞳座標係以極座標系統 ( $r$ 、 $\theta$ ) 表示。則瓊斯矩陣  $J'$  係以  $J'[r][\theta]$  表示，並使用該光瞳座標以將參數  $\phi_1$ 、 $\phi_2$ 、及  $\phi_3$  相似地表示成  $\phi_1[r][\theta]$ 、 $\phi_2[r][\theta]$ 、及  $\phi_3[r][\theta]$ 。

將  $\phi_1[r][\theta]$ 、 $\phi_2[r][\theta]$ 、及  $\phi_3[r][\theta]$  的冊尼克膨脹給定為

$$\begin{aligned}\phi_1[r][\theta] &= \sum_i C_{1i} Z_i[r][\theta] \\ \phi_2[r][\theta] &= \sum_i C_{2i} Z_i[r][\theta] \\ \phi_3[r][\theta] &= \sum_i C_{3i} Z_i[r][\theta]\end{aligned}\quad \dots (11)$$

其中  $Z_i[r][\theta]$  係冊尼克多項式，且  $C_{1i}$ 、 $C_{2i}$ 、及  $C_{3i}$  係該冊尼克多項式之各項的係數。在一範例中，將該冊尼克多項式的第一至第九項給定成：

$$\begin{aligned}
Z_1[r][\theta] &= 1 \\
Z_2[r][\theta] &= r \cos \theta \\
Z_3[r][\theta] &= r \sin \theta \\
Z_4[r][\theta] &= 2r^2 - 1 \\
Z_5[r][\theta] &= r^2 \cos 2\theta && \dots \quad (12) \\
Z_6[r][\theta] &= r^2 \sin 2\theta \\
Z_7[r][\theta] &= (3r^3 - 2r) \cos \theta \\
Z_8[r][\theta] &= (3r^3 - 2r) \sin \theta \\
Z_9[r][\theta] &= 6r^4 - 6r^2 + 1
\end{aligned}$$

上文中已然描述藉由正交函數膨脹該瓊斯矩陣的方法及表示該已膨脹參數之方法。爲了簡化起見，藉由關係式 (11) 得到的係數  $C_{1i}$ 、 $C_{2i}$ 、及  $C_{3i}$  在下文中將稱爲包立 / 冊尼克係數。

其次將介紹預測成像效能的方法。爲了從該投影光學系統之瓊斯矩陣  $J$  的資料得到諸如焦點、失真、及在該左 CD (臨界尺寸) 至該右 CD 間的差 (LRCD) 之成像效能特徵，成像效能敏感度  $S_{1i}$ 、 $S_{2i}$ 、及  $S_{3i}$  係藉由，例如，模擬而預先計算。成像效能敏感度  $S_{1i}$ 、 $S_{2i}$ 、及  $S_{3i}$  呈現在該投影光學系統之成像效能中的改變，以響應在包立 / 冊尼克係數  $C_{1i}$ 、 $C_{2i}$ 、及  $C_{3i}$  中以單位總量的改變。

雖然下文中將例示計算在該左 CD 及該右 CD 間之差的方法，諸如焦點及失真之成像效能特徵能以相同方式計算。

首先，將藉由關係式 (5) 給定之正規化瓊斯矩陣  $J'$  準備成對照。其次，產生藉由以單位總量改變包立 / 冊尼克項而得到的瓊斯矩陣  $J'$ ，該等包立 / 冊尼克項的成像效能敏感度係相關於該瓊斯矩陣  $J'$  以待得到。



當該投影光學系統係在 J' 狀態中時，該左 CD 及該右 CD 間的差  $LRCD_1$ ，及當其在 J'' 狀態中時，該左 CD 及該右 CD 間的差  $LRCD_2$  係使用光學成像模擬器而得到。針對包立/冊尼克項 (h, i)，將待得到的該左 CD 及該右 CD 間之差的成像效能敏感度  $S_{hi}$  給定為：

$$S_{hi} = LRCD_2 - LRCD_1 \quad \dots (13)$$

其中該下標 h 係該極化光成分數字，且 i 係該冊尼克項的數字。同樣地，得到及列表所有待得到之包立/冊尼克項的成像效能敏感度  $S_{hi}$ ，從而產生成像效能變化表。使用該成像效能變化表中描述的該成像效能敏感度  $S_{hi}$ 、及藉由該投影光學系統的極化改變而得到的該等包立/冊尼克係數  $C_{hi}$ ，能藉由以下關係式計算該投影光學系統的極化改變施用在該左 CD 及該右 CD 間之差上的影響 LRCD：

$$LRCD = \sum_h \sum_i S_{hi} C_{hi} \quad \dots (14)$$

將解釋上述評估方法的評估精確性。在此評估中使用光學成像模擬。圖 2A 至 2C 顯示該評估條件及該評估結果之範例。圖 2A 例示該有效光源，圖 2B 例示在該投影光學系統之成像平面上形成的樣式，且圖 2C 例示該評估結果。須注意該有效光源意指在照明原始版（光罩）之照明光學系統的光瞳中具有等於或大於預定值之光強度的部

位。

在此評估中使用具有四光強度之極 211 的四極照明，如圖 2A 所示。該極化狀態係在各極的中央具有與該光瞳中央的圓周方向正切之極化方向的正切極化，如箭號 212 所指示。更具體地說，該照明係在  $0^\circ$ 、 $90^\circ$ 、 $180^\circ$ 、及  $270^\circ$  的方向上具有極之四極照明並藉由從環狀光強度分佈抽取而形成。在此照明中，外部  $\sigma$  為 0.95、內部  $\sigma$  為 0.75、且該抽取角度為  $30^\circ$ 。

如圖 2B 所例示，在該投影光學系統之成像平面上形成的樣式具有 13 條重複的線，在該等線中，臨界尺寸 221 及 222 的平均值為 65nm，且重複週期 223 為 130nm。受關注之成像效能特徵係在該左 CD 及該右 CD 之間的差，如同在臨界尺寸 221 及 222 之間的差。

在圖 2C 中所顯示的該評估結果中，該橫座標顯示在該投影光學系統的光瞳中的雙折射總量之均方根且該縱座標顯示該錯誤。使 LRCD<sub>jm</sub> 成為直接從該瓊斯矩陣得到的在該左 CD 及該右 CD 間的差值，並使 LRCD<sub>pz</sub> 成為從關係式 (1) 至 (14) 衍生之在該左 CD 及該右 CD 間的差值，該錯誤藉由以下關係式給定為：

$$\text{error} = |(\text{LRCD}_{pz} - \text{LRCD}_{jm}) / \text{LRCD}_{jm}| * 100[\%] \quad \dots (15)$$

圖 2C 中的點係藉由繪製歸因於不同類型之雙折射的錯誤而得到，且在圖 2C 之圖中的直線係藉由統計地處理

該等點並連接（錯誤平均值 $+2\sigma$ ）之值而得到。

該曝光設備之普通雙折射總量的均方根約為  $30\text{m}\lambda$ ，且（錯誤平均值 $+2\sigma$ ）之值在此例子中為 5%或以下。從此事實能明顯的看出，從關係式（1）至（14）衍生的成像效能以高精確性與實際成像效能符合。

已於上文中描述預測該投影光學系統的像差之極化相關成分的方法。該投影光學系統的波前像差也能假設係一極化光成分，並使用該已量測波前像差的冊尼克係數  $C_{hi}$  及歸因於該波前像差之該成像效能敏感度  $S_{hi}$ ，藉由與關係式（14）相似之關係式評估。

再者，像差控制器能控制該波前像差，使得藉由關係式（14）給定之該 LLCD 變成所期望的值。日本特許公開專利申請案第 2004-347821 號揭示該像差控制器的細節。

作為對照使用之該瓊斯矩陣  $J'$  期望展現該投影光學系統的實際極化改變。然而，當該投影光學系統不具有像差以減少涉及之因難時，即使係藉由使用設計資料或瓊斯矩陣  $J'$ ，可能以高精確性決定該成像效能敏感度。

為藉由光學成像模擬以得到成像效能敏感度，必須指定該有效光源的極化狀態。此時，期望量測及指定該照明光的極化狀態。然而，只要該照明光的極化狀態落入容差中，即使使用設計資料或理想極化狀態以減少涉及之因難，可能以高精確性決定該成像效能敏感度。

雖然由關係式（10）及（11）給定的成像效能敏感度例示藉由線性近似得到彼等，可能開發使用三次方函數或

其他函數的敏感度表。

在本文中將瓊斯矩陣、包立膨脹、及冊尼克多項式作為該評估之較佳實施例使用。然而，只要能藉由針對各極化光成分分離極化改變並使用正交函數系統表示該分離之極化改變以評估該成像效能，並不須要總是使用包立膨脹及冊尼克多項式。

圖 3 係顯示根據本發明之較佳實施例的曝光系統之概要配置的圖。圖 4 係概要地顯示在圖 3 所示之曝光系統中的資訊項流程之方塊圖。該曝光系統能包含曝光設備 EX 及外部資訊處理裝置 311。

曝光設備 EX 能包含光源 301、照明光學系統 302、投影光學系統 306、用於將原始版（光罩）插在投影光學系統 306 之物面 304 上的原始版台機械裝置（未圖示）、及用於將基材插在投影光學系統 306 之成像平面 309 上的基材台機械裝置（未圖示）。光源 301 能係，例如，諸如 ArF、KrF、或 F<sub>2</sub> 準分子雷射之準分子雷射、EUV 光源、或諸如 i-line 燈或 g-line 燈之燈。使用藉由光源 301 發出之光，照明光學系統 302 產生目標有效光源（在該光瞳平面上的光強度分佈），且極化器 303 控制其極化狀態。插在投影光學系統 306 之物面 304 上的原始版以從照明光學系統 302 脫離之光照明。

藉由投影光學系統 306 將插在投影光學系統 306 之物面 304 上的原始版之樣式投影至插在投影光學系統 306 的成像平面 309 上之基材上。使用此操作，曝光已施用在該

基材上的該光敏劑。

該曝光設備能包含用於量測照明該物面 304 之照明光的極化狀態之量測裝置 305，以插入該原始版。量測裝置 305 將呈現藉由照明光學系統 302 形成之照明光的極化狀態之資訊 403 作為量測結果傳送至資訊處理裝置 307。

該曝光設備能包含用於量測在成像平面 309 上碰撞之光的極化狀態以插入該基材、及量測投影光學系統 306 之波前像差的量測裝置 310。能將在物面 309 上碰撞之光的極化狀態假設成與從投影光學系統 306 脫離之光的極化狀態相同。量測裝置 310 將呈現投影光學系統 306 之波前像差的資訊 404、及呈現投影光學系統 306 之極化改變的資訊 405 作為量測結果傳送至資訊處理裝置（其也能解釋成係控制器或電腦）307。

資訊處理裝置 307 基於從量測裝置 305 傳送之資訊 403，指定照明光學系統 302 照明投影光學系統 306 之物面的照明光之極化狀態 421。資訊處理裝置 307 基於從量測裝置 310 傳送之資訊 405，指定投影光學系統 306 之極化改變 423。雖然如上文所述，極化改變 423 藉由瓊斯矩陣  $J$  表示較佳，其也可能藉由，例如，繆勒矩陣表示。資訊處理裝置 307 基於從量測裝置 310 傳送之資訊 404，指定投影光學系統 306 之波前像差 422。

當投影光學系統 306 具有指定之極化改變時，資訊處理裝置 307 基於與該指定極化改變具有關連的參數之值（例如，先前描述之包立/冊尼克係數  $C_{1i}$ 、 $C_{2i}$ 、及  $C_{3i}$  的值

)、及能從外部資訊處理裝置(電腦)311提供之成像效能變化表406,計算呈現投影光學系統306之成像效能的指標值(例如,先前描述之LRCD)。

成像效能變化表406係當以單位總量(例如,先前描述之 $S_{hi} = LRCD_2 - LRCD_1$ )改變與投影光學系統306之極化改變具有關連的參數之值(例如,先前描述之包立/冊尼克係數 $C_{1i}$ 、 $C_{2i}$ 、及 $C_{3i}$ 的值)時,描述呈現投影光學系統306的成像效能之指標值中的改變量的表。

資訊處理裝置307基於呈現投影光學系統306的成像效能之指標值(例如,先前描述之LRCD),決定像差修正總量407,並依據像差修正總量407操作投影光學系統306之像差控制器,從而控制投影光學系統306的成像效能。

當與投影光學系統306之極化改變具有關連的參數之值係第一值(例如,先前描述的 $J'$ )時,外部資訊處理裝置311藉由光學成像模擬計算呈像投影光學系統306之成像效能的第一指標值(例如,先前描述之 $LRCD_1$ )。再者,當該參數的值係與該第一值相差一單元量之第二值(例如,先前描述的 $J''$ )時,外部資訊處理裝置311藉由光學成像模擬計算呈現投影光學系統306之成像效能的第二指標值(例如,先前描述之 $LRCD_2$ )。然後,外部資訊處理裝置311計算該第一指標值及該第二指標值之間的差,並將該已計算之差決定成在該指標值 $S_{hi}$ 中的改變量。外部資訊處理裝置311將指標值 $S_{hi}$ 中之已決定的改變量列表

成成像效能變化表 406，並將其登錄在記憶體 364 中。成  
像效能變化表 406 係從外部資訊處理裝置 311 提供至資訊  
處理裝置 307。

圖 1A 係描繪在圖 3 顯示的該曝光系統中之成像效能  
變化表的產生及登錄程序之次序的流程圖。圖 1A 所示之  
程序能藉由外部資訊處理裝置 311 的算術處理器 360 控制  
。算術處理器 360 能如同 CPU362 所操作的一般，基於載  
入於記憶體 364 中的電腦程式執行圖 1A 所示之程序。

在步驟 S12 中，外部資訊處理裝置 311 獲取照明光學  
系統 302 照明投影光學系統 306 的物面之照明光的極化狀  
態 421。在步驟 S14 中，外部資訊處理裝置 311 從資訊處  
理裝置 307 獲取投影光學系統 306 的極化改變 423。

在步驟 S16 中，外部資訊處理裝置 311 基於極化狀態  
421 及極化改變 423，執行光學成像模擬。更具體地說，  
當與投影光學系統 306 之極化改變具有關連之參數的值係  
第一值（例如，係藉由先前描述之  $J'$  表示）時，外部資訊  
處理裝置 311 模擬在投影光學系統 306 的成像平面上形成  
之光學影像。再者，當該參數的值係與該第一值相差一單  
元量之第二值（例如，係以先前描述的  $J''$  表示）時，外部  
資訊處理裝置 311 模擬在投影光學系統 306 的成像平面上  
形成之光學影像。

在步驟 S18 中（決定步驟），外部資訊處理裝置 311  
基於在步驟 S16 中得到的光學成像模擬結果，計算在第一  
指標值（例如，先前描述之  $LRC D_1$ ）及第二指標值（例如

，先前描述的  $LRC D_2$ ) 之間的差，並將該已計算差決定成在該指標值 (例如，先前描述的  $S_{hi}$ ) 中的改變量。然後，外部資訊處理裝置 311 產生藉由列表在該指標值 (例如，先前描述的  $S_{hi}$ ) 中的改變量所得到的成像效能變化表 406。

在步驟 S20 中，外部資訊處理裝置 311 將在步驟 S18 中產生的成像效能變化表 406 (在該指標值中的改變量) 登錄至記憶體 364 中。

在成像效能變化表 406 產生後，只要該照明光的極化狀態落在容差中，就不必將其更新。在成像效能變化表 406 從外部資訊處理裝置 311 提供至曝光設備 EX 的資訊處理裝置 307 後，量測裝置 310 能從曝光設備 EX 拆離。

圖 1B 係描繪在圖 3 顯示之曝光系統中的成像效能計算及像差控制程序之次序的流程圖。圖 1B 所示之程序能藉由資訊處理裝置 307 的算術處理器 350 控制。算術處理器 350 能如同 CPU352 所操作的一般，基於載入於記憶體 354 中的單一電腦程式執行圖 1B 所示之程序。

載入在記憶體 364 及 354 中的電腦程式能提供為單一電腦程式或分離之電腦程式。圖 1A 及 1B 中顯示的該等程序可能藉由單一資訊處理裝置或複數個資訊處理裝置控制。

在步驟 S32 中 (指定步驟)，資訊處理裝置 307 基於從量測裝置 310 傳送之資訊 405，指定投影光學系統 306 之極化改變 423。



在步驟 S34 中（第一計算步驟），資訊處理裝置 307 計算與在步驟 S32 中指定的極化改變 423 具有關連之參數的值。

在步驟 S36 中（第二計算步驟），當投影光學系統 306 具有該已指定之極化改變時，資訊處理裝置 307 基於成像效能變化表 406 及在步驟 S34 中計算的參數之值，計算呈現投影光學系統 306 之成像效能的指標值。

在步驟 S38 中（控制步驟），資訊處理裝置 307 基於呈現投影光學系統 306 之成像效能的該指標值，決定像差修正總量 407，並依據像差修正總量 407 操作投影光學系統 306 的像差控制器。使用此操作控制投影光學系統 306 的成像效能。

須注意由於，例如，量測錯誤或計算錯誤的影響，可能無法達到目標成像效能。為處理此狀況，能將誤差資料 408 列入考慮的函數給予資訊處理裝置 307，以容許對投影光學系統 306 的更精細控制。

當已參考至模範實施例而描述本發明後，應理解本發明並未受限於該等已揭示之模範實施例。下文之申請專利範圍應受最廣泛之解釋以包含所有此種修改及等效結構與功能。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1A 係描繪在圖 3 顯示的曝光系統中之成像效能變化表的產生及登錄程序之次序的流程圖；

圖 1B 係描繪在圖 3 顯示之曝光系統中的成像效能計算及像差控制程序之次序的流程圖；

圖 2A 係例示該評估條件之圖；

圖 2B 係例示該評估條件之圖；

圖 2C 係例示該評估結果的圖表；

圖 3 係顯示根據本發明之較佳實施例的曝光系統之概要配置的圖；以及

圖 4 係概要地顯示在圖 3 所示之曝光系統中的資訊項流的方塊圖。

#### 【主要元件符號說明】

211：極

212：箭號

221、222：臨界尺寸

223：重複週期

301：光源

302：照明光學系統

303：極化器

304：物面

305、310：量測裝置

306：投影光學系統

307：資訊處理裝置

309：成像平面

311：外部資訊處理裝置

350、360：算術處理器

352、362：CPU

354、364：記憶體

403、404

405：資訊

406：成像效能變化表

407：像差修正總量

408：誤差資料

421：極化狀態

422：波前像差

423：極化改變

EX：曝光設備

空白頁

## 七、申請專利範圍：

1. 一種評估方法，其係評估投影光學系統的成像效能，該投影光學系統將原始版的樣式投影至基材上，該方法包含：

指定步驟，其係指定該投影光學系統之一極化改變，該極化改變表示碰撞該投影光學系統之光的極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的極化狀態之間的關係；

第一計算步驟，其係計算與在該指定步驟中所指定之該投影光學系統的該極化改變具有相關性之參數的值；以及

第二計算步驟，其係基於以單元量改變該參數的值時之表示該投影光學系統的成像效能之指標值中的改變量、及在該第一計算步驟中所算出之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中所指定之極化改變的狀態中之表示該投影光學系統之成像效能的指標值；

其中：值係在該第一計算步驟中所算出之參數包含通過該投影光學系統之光的相位，而該相位係基於該投影光學系統之該極化改變來計算；

該投影光學系統之該極化改變係以瓊斯矩陣表示，且該參數的值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹 (Pauli expansion) 所獲得之特徵值 (eigen value) 而得到；以及

該相位之值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹所獲得之特徵值而得到，且該相位係藉該特徵值之反正切函數來給出。

2.如申請專利範圍第 1 項之方法，另外包含：

決定步驟，其係將當該參數的值為第一值時之表示該投影光學系統之成像效能的第一指標值及當該參數的值為第二值時之表示該投影光學系統之成像效能的第二指標值之間的差，決定為該指標值之改變量，該第二值與該第一值相差一單元量；以及

登錄步驟，其係將在該決定步驟中所決定的該指標值中的改變量登錄至記憶體中，

其中，在該第二計算步驟中，參考至已登錄在該記憶體中的該指標值中的該改變量。

3.如申請專利範圍第 2 項之方法，其中在該決定步驟中，作為該第一值，使用當該投影光學系統不具有像差時之該參數的值來計算該第一指標值。

4.如申請專利範圍第 2 項之方法，其中在該決定步驟中，作為該第一值，使用基於量測而得到的值來計算該第一指標值。

5.如申請專利範圍第 1 項之方法，其中該投影光學系統的該極化改變係以瓊斯矩陣（Jones matrix）表示，且該參數的值係藉由該瓊斯矩陣而得到。

6.一種控制方法，其係控制投影光學系統的成像效能，該投影光學系統將原始版的樣式投影至基材，該方法包含：

指定步驟，其係指定該投影光學系統之極化改變，該極化改變表示碰撞該投影光學系統之光的極化狀態及從該

投影光學系統脫離之光的極化狀態之間的關係；

第一計算步驟，其係計算與在該指定步驟中所指定之該投影光學系統的該極化改變具有相關性之參數的值；

第二計算步驟，其係基於以單元量改變該參數的值時之表示該投影光學系統的成像效能之指標值中的改變量、及在該第一計算步驟中所算出之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中所指定之極化改變的狀態中之表示該投影光學系統之成像效能的指標值；以及

控制步驟，其係基於在該第二計算步驟中所算出的該指標值控制該投影光學系統之成像效能；

其中：值係在該第一計算步驟中所算出之參數包含通過該投影光學系統之光的相位，而該相位係基於該投影光學系統之該極化改變來計算；

該投影光學系統之該極化改變係以瓊斯矩陣表示，且該參數的值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹（Pauli expansion）所獲得之特徵值（eigen value）而得到；以及

該相位之值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹所獲得之特徵值而得到，且該相位係藉該特徵值之反正切函數來給出。

7. 一種曝光設備，包含：

照明光學系統，其係組態成照明原始版；

投影光學系統，其係組態成將由該照明光學系統照明之該原始版的樣式投影至基材上；以及

控制器，其係組態成控制該投影光學系統之成像效

能，

其中該控制器執行包含以下步驟之程序

指定步驟，其係指定該投影光學系統之極化改變，該極化改變表示碰撞該投影光學系統之光的極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的極化狀態之間的關係，

第一計算步驟，其係計算與在該指定步驟中所指定之該投影光學系統的該極化改變具有相關性之參數的值，

第二計算步驟，其係基於以單元量改變該參數的值時之表示該投影光學系統的成像效能之指標值中的改變量、及在該第一計算步驟中所算出之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中所指定之極化改變的狀態中之表示該投影光學系統之成像效能的指標值；以及

控制步驟，其係基於在該第二計算步驟中所算出的該指標值控制該投影光學系統之成像效能；

其中：值係在該第一計算步驟中所算出之參數包含通過該投影光學系統之光的相位，而該相位係基於該投影光學系統之該極化改變來計算；

該投影光學系統之該極化改變係以瓊斯矩陣表示，且該參數的值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹（Pauli expansion）所獲得之特徵值（eigen value）而得到；以及

該相位之值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹所獲得之特徵值而得到，且該相位係藉該特徵值之反正切函數來給出。

8. 一種記憶體媒體，其係儲存用於使電腦執行用於評



估投影光學系統的成像效能之程序的電腦程式，該投影光學系統將原始版的樣式投影至基材，該媒體包含：

指定步驟，其係指定該投影光學系統之極化改變，該極化改變表示碰撞該投影光學系統之光的極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的極化狀態之間的關係；

第一計算步驟，其係計算與在該指定步驟中所指定之該投影光學系統的該極化改變具有相關性之參數的值；以及

第二計算步驟，其係基於以單元量改變該參數的值時之表示該投影光學系統的成像效能之指標值中的改變量、及在該第一計算步驟中所算出之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中所指定之極化改變的狀態中之表示該投影光學系統之成像效能的指標值；

其中：值係在該第一計算步驟中所算出之參數包含通過該投影光學系統之光的相位，而該相位係基於該投影光學系統之該極化改變來計算；

該投影光學系統之該極化改變係以瓊斯矩陣表示，且該參數的值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹（Pauli expansion）所獲得之特徵值（eigen value）而得到；以及

該相位之值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹所獲得之特徵值而得到，且該相位係藉該特徵值之反正切函數來給出。

9. 一種記憶體媒體，其係儲存用於使電腦執行用於評估投影光學系統的成像效能之程序的電腦程式，該投影光

學系統將原始版的樣式投影至基材，該媒體包含：

指定步驟，其係指定該投影光學系統之極化改變，該極化改變表示在該投影光學系統上碰撞之光的極化狀態及從該投影光學系統脫離之光的該極化狀態之間的關係；

第一計算步驟，其係計算具有與在該指定步驟中所指定之該投影光學系統的極化改變相關之參數的值；

第二計算步驟，其係基於以單元量改變該參數的值時，表示該投影光學系統的成像效能之該指標值中的改變量，及在該第一計算步驟中所算出之該參數的值，計算在該投影光學系統具有在該指定步驟中所指定之極化改變的狀態中，表示該投影光學系統之成像效能的指標值；以及

控制步驟，其係基於在該第二計算步驟中所算出的該指標值控制該投影光學系統之成像效能；

其中：值係在該第一計算步驟中所算出之參數包含通過該投影光學系統之光的相位，而該相位係基於該投影光學系統之該極化改變來計算；

該投影光學系統之該極化改變係以瓊斯矩陣表示，且該參數的值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹（Pauli expansion）所獲得之特徵值（eigen value）而得到；以及

該相位之值係基於藉該瓊斯矩陣之包立膨脹所獲得之特徵值而得到，且該相位係藉該特徵值之反正切函數來給出。

圖 1A

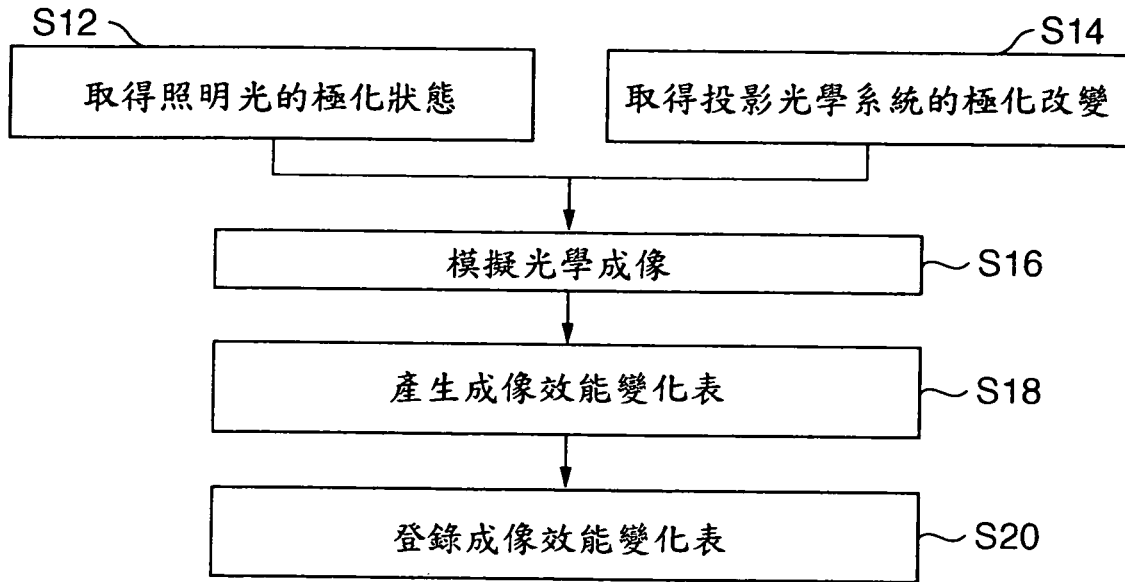


圖 1B

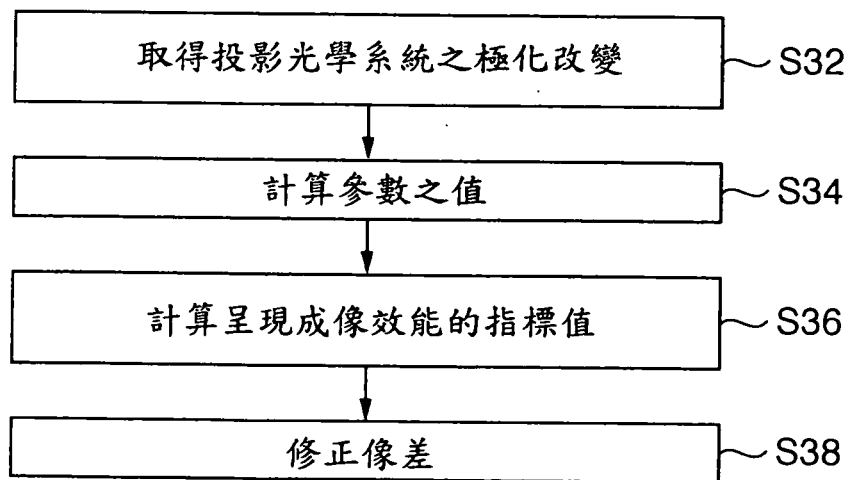


圖 2A

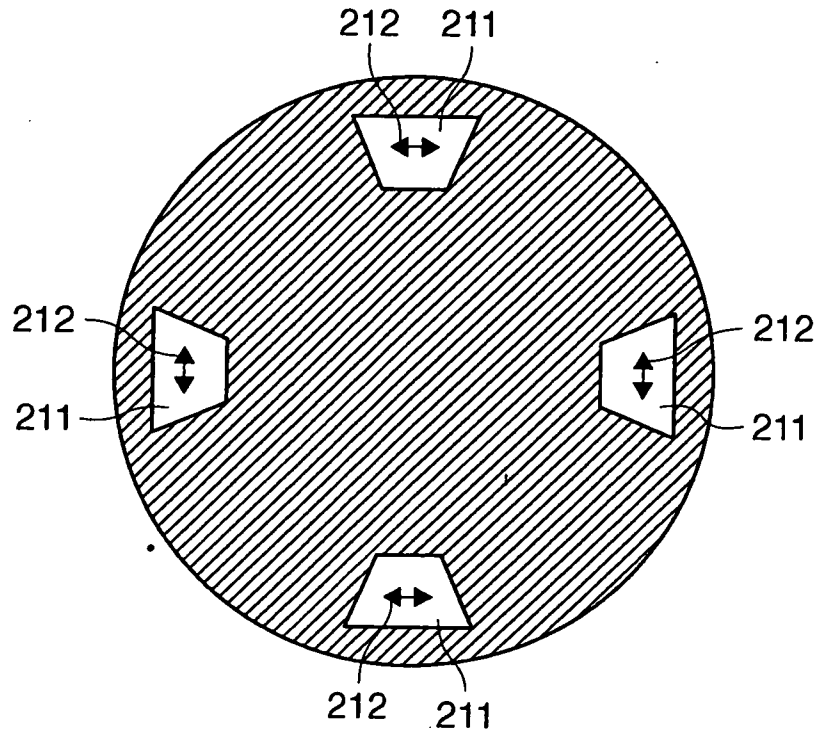


圖 2B

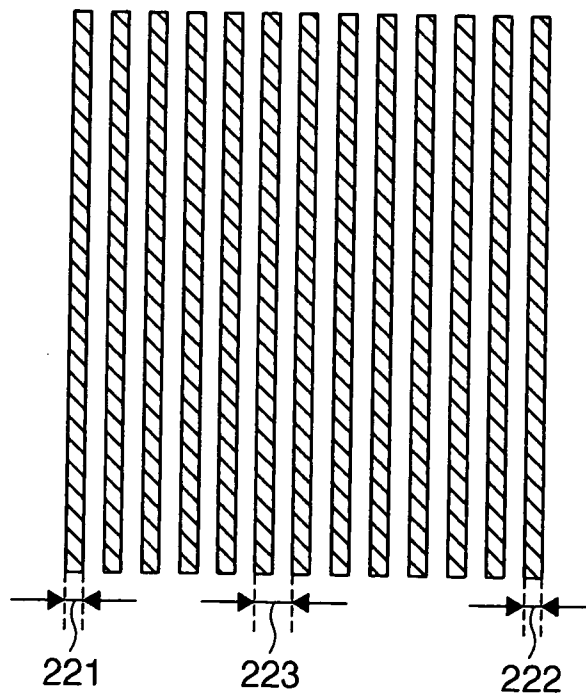


圖2C

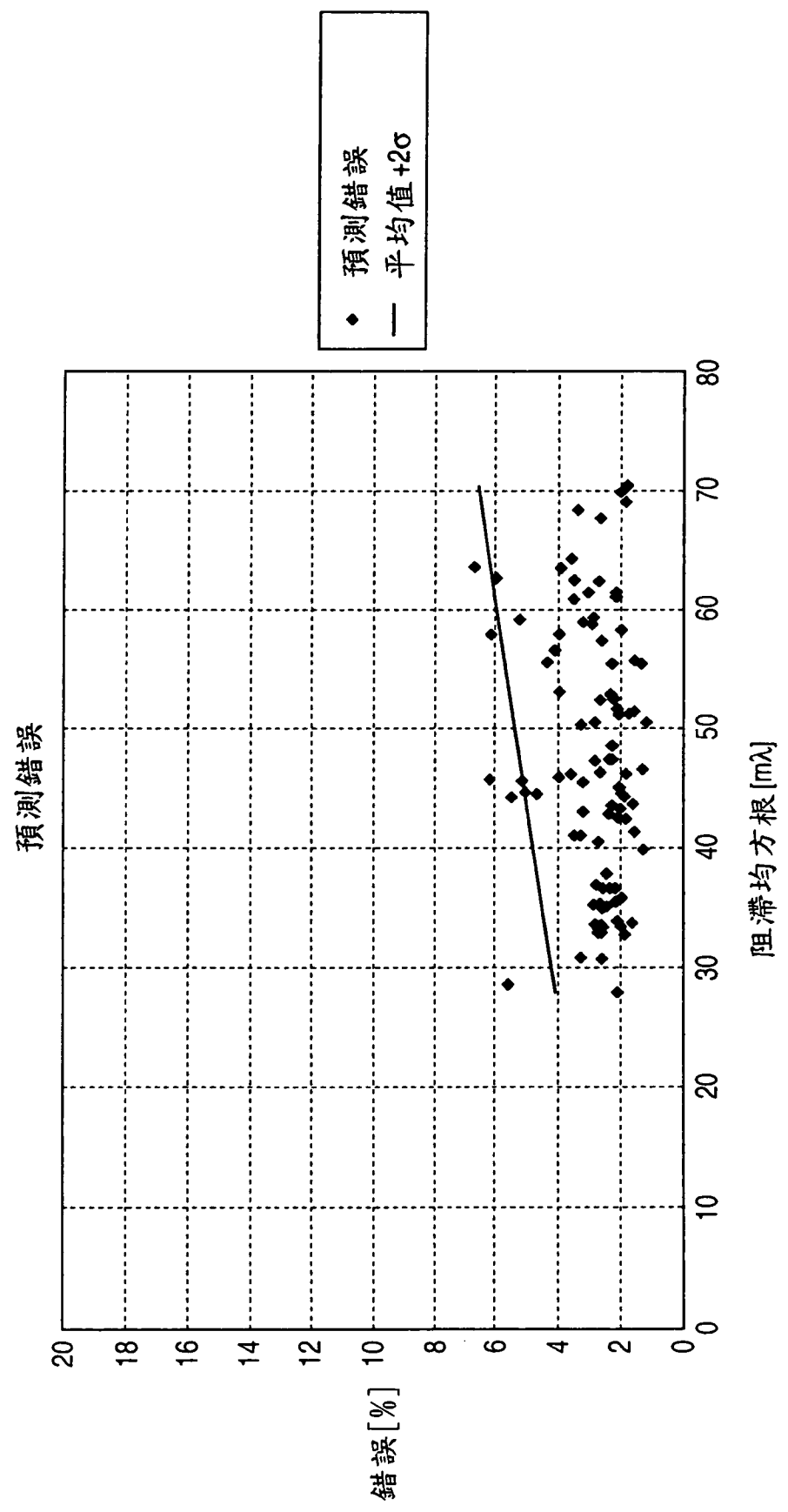


圖3

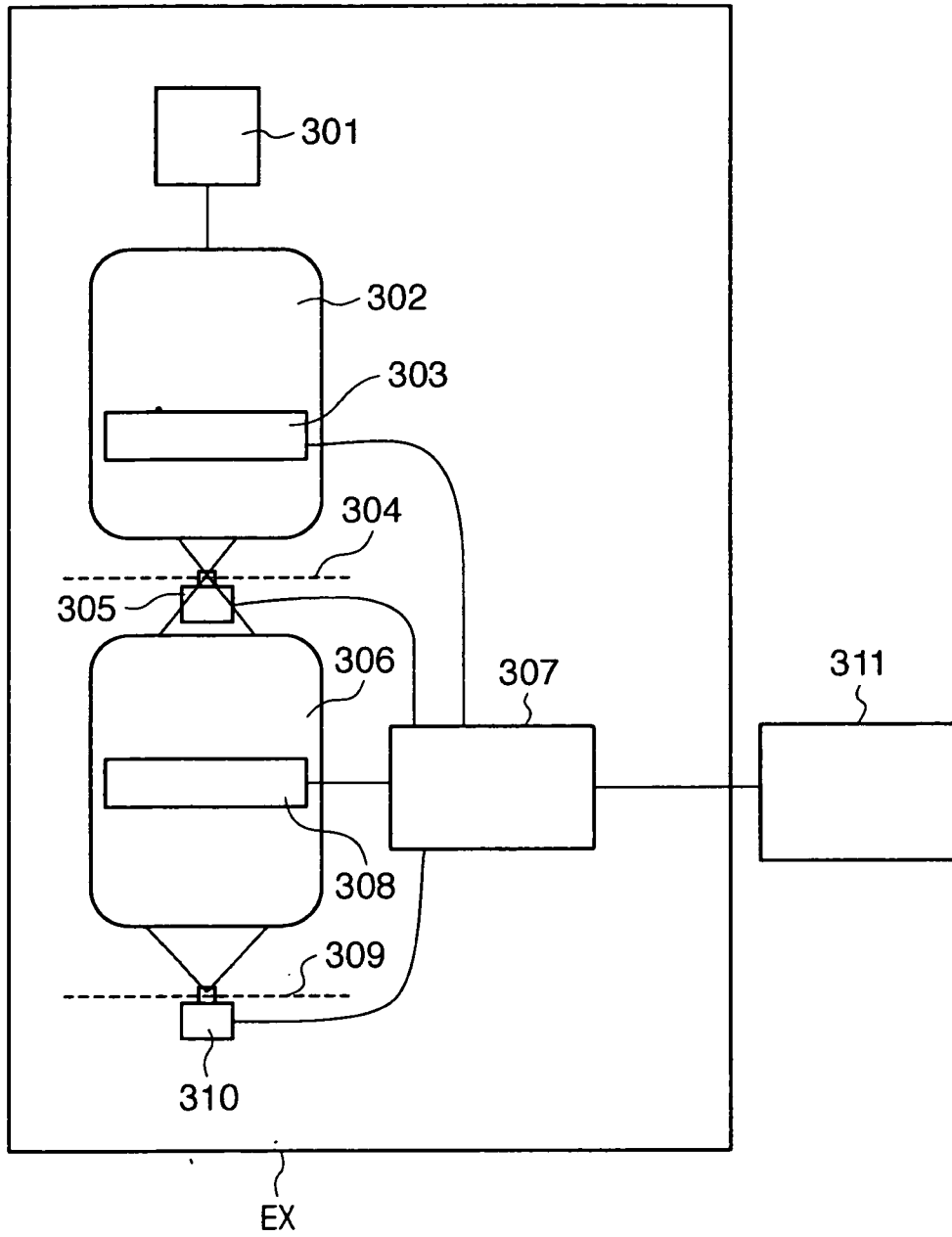


圖4

