



(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 I813877 B

(45) 公告日：中華民國 112 (2023) 年 09 月 01 日

(21) 申請案號：109114293

(22) 申請日：中華民國 109 (2020) 年 04 月 29 日

(51) Int. Cl. : H01L21/027 (2006.01)

G03F7/20 (2006.01)

(30) 優先權：2019/05/17 日本

2019-093918

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

(72) 發明人：八講学 HAKKO, MANABU (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

TW 200844676A

TW 200942975A

JP 2018-54992A

US 2004/0172610A1

US 2012/0052448A1

審查人員：施喻懷

申請專利範圍項數：23 項 圖式數：14 共 59 頁

(54) 名稱

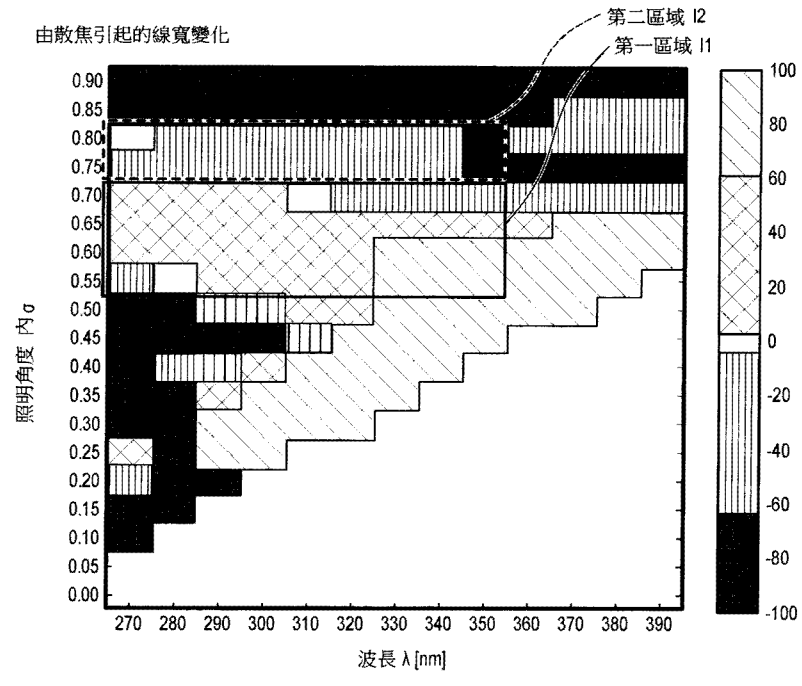
曝光裝置、曝光方法、決定方法、和物品製造方法

(57) 摘要

本發明公開了曝光裝置、曝光方法、決定方法、和物品製造方法。曝光裝置包括照明光學系統和用於利用來自照明光學系統的光形成投影影像的投影光學系統。照明光學系統在該照明光學系統的光瞳平面上形成包括第一區域和第二區域的發光區域。從包括由來自第一區域的第一光形成的第一影像和由來自第二區域的第二光形成的第二影像的影像合成投影影像。第一光和/或第二光是寬頻光。第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，並且藉由合成第一影像和第二影像而獲得的影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化減小。

Exposure apparatus includes illumination optical system and projection optical system for forming projected image with light from the illumination optical system. The illumination optical system forms, on pupil plane of the illumination optical system, light emission region including first and second regions. The projected image is composited from images including first image formed by first light from the first region and second image formed by second light from the second region. The first light and/or the second light is broadband light. Increase/decrease change in line width in the second image caused by defocus has different sign with respect to increase/decrease change in line width in the first image caused by defocus, and increase/decrease change in line width in image obtained by compositing the first image and the second image, which is caused by defocus, is decreased.

指定代表圖：



【圖 3】



I813877

【發明摘要】

【中文發明名稱】

曝光裝置、曝光方法、決定方法、和物品製造方法

【英文發明名稱】

EXPOSURE APPARATUS, EXPOSURE METHOD, DECISION
METHOD, AND ARTICLE MANUFACTURING METHOD

【中文】

本發明公開了曝光裝置、曝光方法、決定方法、和物品製造方法。曝光裝置包括照明光學系統和用於利用來自照明光學系統的光形成投影影像的投影光學系統。照明光學系統在該照明光學系統的光瞳平面上形成包括第一區域和第二區域的發光區域。從包括由來自第一區域的第一光形成的第一影像和由來自第二區域的第二光形成的第二影像的影像合成投影影像。第一光和/或第二光是寬頻光。第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，並且藉由合成第一影像和第二影像而獲得的影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化減小。

【 英文 】

Exposure apparatus includes illumination optical system and projection optical system for forming projected image with light from the illumination optical system. The illumination optical system forms, on pupil plane of the illumination optical system, light emission region including first and second regions. The projected image is composited from images including first image formed by first light from the first region and second image formed by second light from the second region. The first light and/or the second light is broadband light. Increase/decrease change in line width in the second image caused by defocus has different sign with respect to increase/decrease change in line width in the first image caused by defocus, and increase/decrease change in line width in image obtained by compositing the first image and the second image, which is caused by defocus, is decreased.

【指定代表圖】第(3)圖。

【代表圖之符號簡單說明】無

【特徵化學式】無

【發明說明書】

【中文發明名稱】

曝光裝置、曝光方法、決定方法、和物品製造方法

【英文發明名稱】

EXPOSURE APPARATUS, EXPOSURE METHOD, DECISION
METHOD, AND ARTICLE MANUFACTURING METHOD

【技術領域】

本發明涉及曝光裝置、曝光方法、決定方法、和物品製造方法。

【先前技術】

曝光裝置可以藉由將原件(遮罩)的圖案投影到基板上來曝光基板。一個曝光裝置在藉由照明光學系統照亮原件的同時藉由投影光學系統將原件的圖案投影到基板上。照明光學系統用來自光源的光照亮光學積分器，以在光學積分器的與照明光學系統的光瞳平面對應的出射表面上生成次級光源。次級光源由具有預定形狀和預定尺寸的發光區域形成。構成次級光源的發光區域與照亮原件的點的光的角度分佈對應。作為另一種曝光裝置，還存在不使用原件(遮罩)的無遮罩曝光裝置。

作為改善關於轉印精細圖案的性能的技術，存在RET(解析度增強技術)。作為RET技術之一，用於優化照亮原

件的點的光的角度分佈的變形照明(modified illumination)是已知的。日本專利公開No. 10-12524公開了一種減小在變形照明曝光方法中的焦深的圖案依賴性的方法。這種方法藉由在曝光處理期間中斷曝光並相對於光軸旋轉用於變形照明的孔徑(光闌)來減小焦深的圖案依賴性。日本專利公開No. 2018-54992公開了一種減小圖案之間在多個方向上的線寬差(由圖案之間的方向差引起的線寬不均勻)的方法。在這種方法中，發光區域的有助於圖案在影像對比度相對低的方向上的成像的波長向短波長側移位。

日本專利公開No. 10-12524中描述的技術具有當使用作為RET技術之一的變形照明時減小焦深的圖案依賴性的效果。但是，日本專利公開No. 10-12524中描述的技術沒有優化光闌形狀和波長範圍以改善焦深本身。為此，日本專利公開No. 10-12524中描述的技術無法獲得對於精細圖案充分改善焦深的效果。日本專利公開No. 2018-54992中描述的技術是解決在使用寬頻照明光的情況下由圖案之間的方向差引起的線寬不均勻的技術，而不是對於精細圖案改善焦深的技術(即，RET)。

【發明內容】

本發明的一個目的是提供一種有利於改善在基板上形成投影影像時的焦深的技術。

本發明的第一方面提供了一種曝光裝置，其包括照明光學系統以及被配置為利用從照明光學系統提供的光在基

板上形成投影影像的投影光學系統，其中照明光學系統在該照明光學系統的光瞳平面上形成包括第一區域和第二區域的發光區域，從包括由來自第一區域的第一光形成的第一影像和由來自第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成投影影像，第一光和第二光中的至少一個是寬頻光，並且第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，並且藉由合成第一影像和第二影像而獲得的影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化減小。

本發明的第二方面提供了一種藉由曝光裝置的曝光方法，該曝光裝置包括照明光學系統以及被配置為藉由從照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，其中照明光學系統在該照明光學系統的光瞳平面上形成包括第一區域和第二區域的發光區域，從包括由來自第一區域的第一光形成的第一影像和由來自第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成投影影像，第一光和第二光中的至少一個是寬頻光，並且該曝光方法包括在形成發光區域的同時曝光基板，使得第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，並且藉由合成第一影像和第二影像而獲得的影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化減小。

本發明的第三方面提供了一種決定曝光裝置中的曝光條件的決定方法，該曝光裝置包括照明光學系統以及被配

置為藉由從照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，其中照明光學系統在該照明光學系統的光瞳平面上形成包括第一區域和第二區域的發光區域，從包括由來自第一區域的第一光形成的第一影像和由來自第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成投影影像，第一光和第二光中的至少一個是寬頻光，並且該決定方法包括決定第一光的波長範圍、第二光的波長範圍、第一區域和第二區域，使得第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，並且藉由合成第一影像和第二影像而獲得的影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化減小。

本發明的第四方面提供了一種物品製造方法，該方法包括：使用如本發明的第一方面中定義的曝光裝置曝光基板；顯影經曝光的基板；以及從經顯影的基板製造物品。

藉由以下參考附圖對示例性實施例的描述，本發明的其它特徵將變得清楚。

【圖式簡單說明】

[圖1]是示出根據實施例的曝光裝置的佈置的視圖；

[圖2]是示出根據實施例的照明光學系統的佈置的視圖；

[圖3]是示例性地示出由散焦引起的線寬的變化的視圖；

[圖 4A至圖 4C]示出了示例性示出由散焦引起的線寬的變化的視圖；

[圖 5]是示出示例 1 的視圖；

[圖 6]是示出示例 2 的視圖；

[圖 7A和圖 7B]是用於解釋方程式(3)的條件的視圖；

[圖 8]是示出示例 3 的視圖；

[圖 9]是示出示例 4 的視圖；

[圖 10]是示出示例 5 的視圖；

[圖 11A至圖 11G]是示出示例 6 的視圖；

[圖 12A和圖 12B]是示出另一個實施例的視圖；

[圖 13]是示出根據實施例的曝光方法和曝光方法決定方法的流程圖；以及

[圖 14]是示出根據實施例的曝光方法和曝光方法決定方法的流程圖。

【實施方式】

在下文中，將參考附圖詳細描述實施例。注意的是，以下實施例並非旨在限制要求保護的發明的範圍。在實施例中描述了多個特徵，但是並不限制於要求所有這種特徵的發明，並且可以適當地組合多個這種特徵。此外，在附圖中，相同的附圖標記被賦予相同或相似的配置，並且省略其重複描述。

圖 1 示出了根據本發明實施例的曝光裝置 100 的佈置。曝光裝置 100 可以用包括多個波長範圍的光(照明光)照亮

原件 9，並且將原件 9 的圖案轉印到基板 12 上。曝光裝置 100 適於製造平板顯示器、半導體元件、MEMS 等，並且更特別地，適於製造平板顯示器。曝光裝置 100 可以包括照明光學系統 10 以及被配置為藉由從照明光學系統 10 提供的光在基板 12 上形成投影影像的投影光學系統 11。曝光裝置 100 還可以包括被配置為驅動或定位原件(遮罩)9 的原件台機構 13 以及被配置為驅動或定位基板 12 的基板台機構 38。照明光學系統 10 可以包括光源，並用來自光源的光照亮原件 9。可以將原件 9 佈置在投影光學系統 11 的物表面上，並且可以將基板 12 佈置在投影光學系統 11 的像平面上。

投影光學系統 11 由例如反射光學系統形成。反射光學系統可以包括例如反射鏡 32、34 和 36，並且依序藉由反射鏡 32、34、36、34 和 32 反射來自原件 9 的光，以在基板 12 上形成原件 9 的投影影像。如果投影光學系統 11 由反射光學系統形成，那麼來自光源的光的色差小於折射光學系統中的色差。當使用包括多個波長範圍的寬頻光(寬頻照明光)時，這種佈置是合適的。基板台機構 38 可以包括被配置為保持基板 12 的台架以及被配置成驅動該台架的驅動機構。

曝光裝置 100 可以包括控制單元 CNT，該控制單元 CNT 控制照明光學系統 10、投影光學系統 11、基板台機構 38 等。控制單元 CNT 可以由例如 PLD(可程式設計邏輯器件的縮寫)形成，PLD 諸如是 FPGA(現場可程式設計閘陣列的

縮寫)、ASIC(專用積體電路的縮寫)、內嵌有程式的通用或專用電腦或這些部件中的所有或一些的組合。

圖2示出了照明光學系統10的佈置的示例。照明光學系統10可以包括例如光源1、聚光反射鏡2、聚光透鏡5、複眼透鏡7、聚光透鏡8和孔徑光闌61。雖然未在圖2中示出，但是被配置為將來自光源1的光整形以使得照亮原件9的光的橫截面具有預定形狀和預定尺寸的光學系統可以佈置在聚光透鏡5和原件9之間的光路上。光源1例如是汞燈，並且可以發射波長範圍為270 nm至390 nm的寬頻光。光源1包括在聚光反射鏡2的第一焦點3附近的發光部分，並且聚光反射鏡2可以將由光源1發射的光會聚到第二焦點4。

聚光透鏡5可以將會聚到第二焦點4的光轉換成平行光。由聚光透鏡5轉換的光可以進入複眼透鏡7的入射表面7a。複眼透鏡7是由多個光學元件(更具體而言，多個精細透鏡)形成的光學積分器。複眼透鏡7根據進入入射表面7a的光在出射表面7b(光出射表面)上形成次級光源。從複眼透鏡7出射的光可以經由多個聚光透鏡8重疊地照亮原件9。原件9可以由原件台機構13的原件台保持。測量單元(未示出)可以佈置在基板台機構38的基板臺上。測量單元可以包括能夠測量在複眼透鏡7的出射表面7b上形成的次級光源的形狀或光強度的影像感測器，例如CCD感測器。

作為解析度增強技術(RET)之一的諸如環形照明(環形形狀的分佈)或四極照明之類的變形照明(斜入射照明)對改

善投影光學系統11的焦深和由投影光學系統11形成的投影影像的對比度是有效的。環形照明由作為環形形狀的發光區域(有效光源分佈)的內半徑的內 σ 和作為外半徑的外 σ 定義。具有預定的發光區域(強度分佈)的變形照明可以藉由例如佈置在複眼透鏡7(光學積分器)的與照明光學系統10的光瞳平面對應的出射表面7b上的孔徑光闌61來實現。

在常規的變形照明中，發光區域的照明角度 σ 被優化以改善成像性能。在此，當用光瞳座標表述時，照明角度 σ 與距原點的距離(半徑)對應。例如，對於變形照明，上述內 σ 和外 σ 被優化。另一方面，在這個實施例中，在照明光學系統10的光瞳平面上形成由包括第一區域I1和第二區域I2的多個區域形成的發光區域(有效光源分佈)。第一區域和第二區域可以是彼此排斥的區域，但是也可以不是彼此排斥的區域。此外，在這個實施例中，在基板12上形成的投影影像是由多個光強度分佈合成的，該多個光強度分佈包括由來自第一區域I1的在第一波長範圍內的第一光在基板12上形成的第一影像和由來自第二區域I2的第二光在基板12上形成的第二影像。在這個實施例中，第一影像中由散焦引起的線寬的變化被第二影像中由散焦引起的線寬的變化減小或者較佳地抵消。由於基板12的高度的變化或施加到基板的抗蝕劑的高度的變化，會發生散焦。

變形照明是在用於製造半導體元件的曝光裝置中開發的技術。在用於製造半導體元件的曝光裝置中，由於由光

源發射的光的光譜窄(半峰全寬小於 10 nm)，因此將光的波長 λ 作為單個值來處理。另一方面，在用於製造平板顯示器的曝光裝置中，可以使用其中由光源發射的光具有寬光譜(半峰全寬為 10 nm或更大)的寬頻照明。例如，當使用汞燈的*i*線時，半峰全寬約為 6 nm。而且，當使用由汞燈生成的多條亮線(*g*、*h*和*i*線)時，波長寬度為 80 nm或更大。即使在用於製造平板顯示器的曝光裝置中，按照慣例，已經將變形照明的發光區域作為具有單個波長 λ (例如，最高強度的波長或以加權強度的質心波長)的區域來處理，如在用於製造半導體元件的曝光裝置中一樣。表述“寬頻”在將其與其中半峰全寬小的表述“窄帶”(如KrF雷射光束或ArF雷射光束)區分的意義上使用。更具體而言，在本說明書中，表述“寬頻”是指其半峰全寬為 10 nm或更大的光。在此，半峰全寬是稱為FWHM的量，並且與光譜的波長寬度對應。此外，表述“寬頻光”可以是指具有包括多條亮線的頻寬的光。

在這個實施例中，除了變形照明中的發光區域的照明角度 σ 之外，還可以優化照明波長 λ 。當照明波長 λ 被優化時，可以獲得增加焦深的效果。當優化照明角度 σ 和照明波長 λ 時，將照明區域劃分為兩個或更多個區域並考慮由來自每個區域的光形成的影像的由於散焦的影像中的線寬(CD)的變化的想法是傳統上不存在的。這個實施例是新穎的並且可用作RET技術，特別是對於寬頻照明光。

作為表示照明波長 λ 與解析力(R)之間的關係的方程式

以及表示照明波長 λ 與焦深(DOF)之間的關係的方程式，由方程式(1)和(2)表示的瑞利(Rayleigh)公式是已知的，其中NA是投影光學系統的數值孔徑，而 k_1 和 k_2 是處理常數。在瑞利公式中，如方程式(1)所指示的，隨著波長變短，解析力(R)改善。另一方面，如方程式(2)所指示的，隨著波長變短，焦深(DOF)劣化。已知解析力和焦深具有折衷關係，並且難以改善解析力和焦深二者。作為改善解析力和焦深二者的技術，作為RET技術之一的變形照明是已知的。

$$R = K_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots(1)$$

$$DOF = K_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots(2)$$

下面將描述幾個示例。

[示例 1]

圖 3 示出了變形照明(環形照明)中形成在基板上的影像(影像強度)的由散焦(15 μm)引起的線寬的變化，其中沿著橫坐標繪製發光區域的波長 λ ，並且沿著縱坐標繪製內 σ 。波長 λ 從 270 nm 到 390 nm 改變，並且對於照明角度，內 σ 從 0.00 到 0.90 改變。此時，外 σ 是內 $\sigma+0.05$ ，並且從 0.05 到 0.95 改變。這些照明條件與具有非常細的環形寬度 0.05 的照明對應。投影光學系統的數值孔徑 NA 為 0.12，並且曝光圖案是線寬為 1 μm 的 7 線和間隔圖案。由散焦引起的線寬變化為中心線(七條線中的中心線)的線寬變化。可以考慮投影光學系統的像差(色差)來計算影像強度。

由陰影線指示的區域和由交叉陰影線指示的區域表示由於散焦而增加線寬的照明條件。由垂直線指示的區域和由灰色指示的區域表示由於散焦而減小線寬的照明條件。更具體而言，由陰影線指示的區域與線寬的變化大於60nm的照明條件對應，而由交叉陰影線指示的區域與線寬的變化大於0且等於或小於60nm的照明條件對應。由白色指示的區域表示線寬不會由於散焦而改變的照明條件。由垂直線指示的區域與線寬的增加/減小變化小於0且等於或大於-60nm的照明條件對應。由灰色指示的區域與線寬的增加/減小變化小於-60nm的照明條件對應。線寬的增加/減小變化為正(+)意味著由於散焦而增加線寬，而線寬的增加/減小變化為負(-)意味著由於散焦而減小線寬。“線寬的增加/減小變化為正”和“線寬的增加/減小變化為負”可以被表述為“線寬的增加/減小變化的方向相反”。可替代地，“線寬的增加/減小變化為正”和“線寬的增加/減小變化為負”可以被表述為“線寬的增加/減小變化具有彼此不同的符號”。下文中，“線寬的增加/減小變化”將被稱為“線寬的變化”。

圖3示出了當改變發光區域的照明波長 λ 和照明角度 σ 時，由散焦(15 μm)引起的線寬變化的量以及線寬變化的變化方向或符號(正/負)發生改變。藉由控制發光區域的波長範圍和照明角度範圍，可以控制由散焦引起的線寬的變化。環形寬度大於0.05的環形照明(例如，內 σ 為0.55且外 σ 為0.75的環形照明)的性能可以根據與圖3中的縱坐標上的

0.55、0.60、0.65和0.70對應的影像性能的總和來估計。這是因為藉由不同的照明區域在基板上形成的影像彼此不相干，因此，可以基於由細的環形照明形成的影像強度的總和來計算由粗的環形照明形成的影像強度，而無需考慮相互削弱的干擾。由於不同波長的影像強度也彼此不相干，因此可以藉由窄波長範圍中的影像強度的總和來計算寬頻波長範圍中的影像強度。較佳地將環形寬度和波長寬度設定得盡可能寬以獲得高照度，從而提高輸送量。

例如，在圖3中，在由實線指示的第一發光區域I1(波長為270nm至350nm(包括270nm和350nm)的寬頻光，內 σ ：0.55，外 σ ：0.75)中，其中線寬的變化為正的區域大於其中線寬的變化為負的區域。另一方面，在第二發光區域I2(波長為270nm至350nm(包括270nm和350nm)的寬頻光，內 σ ：0.75，外 σ ：0.85)中，沒有其中線寬的變化為正的區域，並且僅存在其中線寬的變化為負的區域。為此，如圖4A至圖4C中所示，由來自第一發光區域I1的光(第一光)形成的影像強度分佈(第一影像)由於散焦而表現出正的線寬變化(+47nm)。此外，由來自第二發光區域I2的光(第二光)形成的影像強度分佈(第二影像)表現出負的線寬變化(-54nm)。由來自第一發光區域I1和第二發光區域I2的第一光和第二光形成的影像強度分佈(第一影像和第二影像)的由散焦引起的線寬變化具有彼此不同的符號。換句話說，當第一影像中的線寬由於散焦而增加時，第二影像中的線寬會由於散焦而減小。

因此，如果在第一發光區域I1和第二發光區域I2二者中都執行照明，那麼由散焦引起的第一影像中的線寬的變化藉由由散焦引起的第二影像中的線寬的變化而減小至+9nm。這意味著可以使由散焦引起的線寬的變化小，換句話說，可以藉由合成從第一影像和第二影像在基板上形成的投影影像來增加焦深。

在示例1中，第一發光區域I1和第二發光區域I2二者都由寬頻光形成。即使這些區域之一由窄帶光(例如，波長為290nm)形成，也消除由散焦引起的線寬的變化的至少一部分，如從圖3中顯而易見的。因此，需要藉由寬頻光來形成第一發光區域I1和第二發光區域I2中的至少一個。

如上所述，光瞳平面上的發光區域被劃分為第一區域I1和第二區域I2，並且當第一區域I1和第二區域I2二者都發射光時形成的投影影像的影像強度可以使用由第一區域I1和第二區域I2形成的影像強度來考慮。這種思考方式是可行的，因為如上所述，由彼此不同的波長範圍中的光形成的影像彼此不相干，並且由來自彼此不同的發光區域 σ 的光形成的影像彼此不相干。

為了劃分發光區域以使得由散焦引起的線寬的變化具有彼此不同的符號，可以存在多種方法。在這種情況下，使用除由散焦引起的線寬的變化以外的指標，可以從多種方法中選擇一種方法，以使由散焦引起的線寬的變化具有彼此不同的符號。作為除由散焦引起的線寬的變化以外的指標，例如，對比度、照度、MEEF(掩膜誤差增強因數)

等可以被使用。

圖5示出了比較例與示例1之間的比較。端線寬度是佈置在多條(在這個示例中為七條)線中的末端處的線的寬度。除端線寬度以外的所有指標都是關於佈置在中心處的線的。在比較例中，使用波長為270nm至390nm的寬頻光、內 σ 為0.55並且外 σ 為0.85的環形照明被使用。在比較例中，沒有考慮將發光區域劃分為兩個區域，並且當然，沒有考慮使由來自兩個劃分的區域的光束形成的兩個影像的由散焦引起的線寬的變化具有彼此不同的符號。

在示例1中，使用波長為270nm至350nm的寬頻光、內 σ 為0.55並且外 σ 為0.85的環形照明被使用。示例1的照明與圖4A至圖4C中所示的用於由來自第一區域I1和第二區域I2二者的光束形成投影影像的照明對應。如上所述，第一區域I1和第二區域I2被設定為使得由散焦引起的線寬的變化具有彼此不同的符號。與比較例相比，影像對比度從0.52改善到0.59。這是藉由縮短波長而獲得的效果。雖然縮短了波長，但焦深(DOF)從30.9 μm 增加到32.2 μm 。由於比較例中的內 σ 和外 σ 與示例1中的內 σ 和外 σ 相等，因此變形照明的效果在比較例與示例1之間也相等。為此，與比較例相比，示例1中的DOF不是作為環形照明的斜入射照明的效果而是作為波長改變的效果而增加。

在示例1中，雖然波長短於比較例中的波長，但是焦深(DOF)增加了。這是由方程式(1)表示的瑞利公式無法預測的效果。該效果是因為由來自第一區域I1和第二區域I2

二者的光束形成投影影像而獲得的，並且因此，消除了由散焦引起的線寬的變化的至少一部分，並且焦深增加。佈置在7線和間隔圖案的末端處的線的最佳焦點中的線寬從745 nm改善到799 nm。線圖案的側壁角度從69.4°改善到72.6°。如上所述，焦深和解析力具有折衷關係，並且在比較例中，難以改善焦深和解析力二者。在示例1中，當將影像對比度和側壁角度用作解析力的指標時，獲得了改善焦深和解析力兩者的效果。

[示例2]

將參考圖6描述根據示例2的變形照明。圖6示出了在三種類型的變形照明中由散焦引起的抗蝕劑影像的線寬(CD)的變化。數值孔徑NA為0.10，曝光圖案是線寬為1.5 μm 的7線和間隔圖案。由週期P引起的線寬變化為3.0 μm 。由散焦引起的線寬變化是關於中心線的。比較例1的照明是使用波長 λ 為335 nm至395nm、內 σ 為0.55並且外 σ 為0.70的環形照明。

在比較例1中，由散焦引起的線寬的變化為正值，並且線寬由於散焦而增加。比較例2的照明是使用波長 λ 為335nm至475nm、內 σ 為0.70並且外 σ 為0.90的環形照明。由散焦引起的線寬的變化為負值，並且線寬由於散焦而減小。示例2的照明與藉由使由比較例1的照明形成的第一區域和由比較例2的照明形成的第二區域兩者都發射光而獲得的照明對應。在示例2的照明中，由於由來自第一區域

和第二區域的光束形成的抗蝕劑影像的由散焦引起的線寬的變化具有彼此不同的符號，因此由散焦引起的線寬的變化變小，並且焦深增加。如示例2中那樣，可以在第一區域和第二區域中使用彼此不同的波長(波長範圍)。

即使第一區域具有0.55的內 σ 和0.80的外 σ ，而第二區域具有0.80的內 σ 和0.90的外 σ ，由來自第一區域和第二區域的光束形成的抗蝕劑影像的由散焦引起的線寬的變化也具有彼此不同的符號。在這種情況下，第一區域(內 σ ：0.55，外 σ ：0.80)包括波長範圍為335nm至395nm的區域和波長範圍為335nm至475nm的區域。以這種方式，在一個劃分的區域(例如，第一區域)中可以包括彼此不同的波長範圍。

如果使用波長範圍彼此不同的照明光束，如示例2中那樣，那麼較佳地包括如下照明光，對於光瞳半徑 σ 和波長 λ 、圖案週期P和投影光學系統的數值孔徑NA，滿足

$$\sigma = \lambda / (2NA \cdot P) \quad \dots(3)$$

方程式(3)是藉由泰勒展開下式獲得的

$$\sigma = \sin(\theta/2) / NA, \sin\theta = \lambda / P \quad \dots(4)$$

其中 θ 是衍射角。

方程式(3)是用於抑制由散焦引起的對比度降低的條件運算式。偏離方程式(3)的條件的波長範圍較佳地使用波長過濾器來遮蔽。例如，在示例2中，當內 σ 為0.55並且外 σ 為0.70時，偏離方程式(3)的條件的波長範圍 $\lambda=396\text{nm}$ 至475nm中的波長被遮蔽或衰減。在不完全遮蔽在396nm

至 475 nm 的波長範圍 λ 中的波長的情況下，藉由使照明強度低於內 σ 為 0.70 且外 σ 為 0.90 處的照明強度，可以獲得抑制由散焦引起的對比度降低的效果。即，可以使偏離方程式 (3) 的條件的波長範圍中的照明強度低。

方程式 (3) 的條件與如下照明角度對應，該照明角度與藉由用波長 λ 照亮週期為 P 的圖案而獲得的衍射光分佈中衍射強度大的角度對應。即，較佳地使用包括與曝光圖案的衍射光分佈中衍射強度大的角度對應的照明角度的變形照明。

作為降低偏離方程式 (3) 的條件的波長範圍中的照明強度的方法，例如，可以考慮以下要描述的三種照明方法。

第一照明方法是在來自光源的寬頻光中使用波長過濾器遮蔽或衰減在環形照明的半徑小的內部區域中的長波長區域的方法。這與示例 2 對應。在來自光源的寬頻光 (波長：335 nm 至 475 nm) 中，在內 σ 為 0.55 且外 σ 為 0.70 的環形照明中的半徑小的內部區域中，可以藉由波長過濾器遮蔽或衰減 396 nm 至 475 nm 的波長。這種方法具有改善線和間隔圖案的成像性能的效果。

第一照明方法可以如下表述。第一區域 I1 和第二區域 I2 各自具有環形形狀。第一區域 I1 具有在第二區域 I2 的內側的 σ ，並且第二區域 I2 具有在第一區域 I1 的外側的 σ 。來自第一區域 I1 的第一光具有第一波長範圍 λ_1 ，並且來自第二區域 I2 的第二光具有第二波長範圍 λ_2 。第二波長範圍 λ_2

在相對於第一波長範圍 λ_1 的長波長側。在此，令 R_1 為第一區域 I_1 中第二波長範圍 λ_2 中的光的強度($I_{1_}\lambda_2$)與第一波長範圍 λ_1 中的光的強度($I_{1_}\lambda_1$)之比($(I_{1_}\lambda_2)/(I_{1_}\lambda_1)$)。此外，令 R_2 為第二區域 I_2 中第二波長範圍 λ_2 中的光的強度($I_{2_}\lambda_2$)與第一波長範圍 λ_1 中的光的強度($I_{2_}\lambda_1$)之比($(I_{2_}\lambda_2)/(I_{2_}\lambda_1)$)。此時，在第一照明方法中， R_1 小於 R_2 。

第二照明方法是在來自光源的寬頻光中使用波長過濾器遮蔽或衰減在環形照明的半徑大的外部區域中的短波長區域的方法。這種方法也具有改善線和間隔圖案的成像性能的效果。第二照明方法可以如下表述。第一區域 I_1 和第二區域 I_2 各自具有環形形狀。第一區域 I_1 具有在第二區域 I_2 的內側的 σ ，並且第二區域 I_2 具有在第一區域 I_1 的外側的 σ 。來自第一區域 I_1 的第一光具有第一波長範圍 λ_1 ，並且來自第二區域 I_2 的第二光具有第二波長範圍 λ_2 。第二波長範圍 λ_2 在相對於第一波長範圍 λ_1 的長波長側。在此，令 R_1 為第一區域 I_1 中第一波長範圍 λ_1 中的光的強度($I_{1_}\lambda_1$)與第二波長範圍 λ_2 中的光的強度($I_{1_}\lambda_2$)之比($(I_{1_}\lambda_1)/(I_{1_}\lambda_2)$)。此外，令 R_2 為第二區域 I_2 中第一波長範圍 λ_1 中的光的強度($I_{2_}\lambda_1$)與第二波長範圍 λ_2 中的光的強度($I_{2_}\lambda_2$)之比($(I_{2_}\lambda_1)/(I_{2_}\lambda_2)$)。此時，在第二照明方法中， R_1 小於 R_2 。第二照明方法與第一照明方法的不同之處在於分子不是 λ_2 ，而是 λ_1 。

第三照明方法是在來自光源的寬頻光中使用波長過濾器

器遮蔽或衰減在環形照明的半徑大的外部區域中的長波長區域的方法。這種方法具有改善孔圖案的成像性能的效果。第三照明方法可以如下表述。第一區域 I1 和第二區域 I2 各自具有環形形狀。第一區域 I1 具有在第二區域 I2 的內側的 σ ，並且第二區域 I2 具有在第一區域 I1 的外側的 σ 。來自第一區域 I1 的第一光具有第一波長範圍 λ_1 ，並且來自第二區域 I2 的第二光具有第二波長範圍 λ_2 。第二波長範圍 λ_2 在相對於第一波長範圍 λ_1 的長波長側。在此，令 R1 為第一區域 I1 中第二波長範圍 λ_2 中的光的強度 ($I_{1_}\lambda_2$) 與第一波長範圍 λ_1 中的光的強度 ($I_{1_}\lambda_1$) 之比 ($(I_{1_}\lambda_2)/(I_{1_}\lambda_1)$)。此外，令 R2 為第二區域 I2 中第二波長範圍 λ_2 中的光的強度 ($I_{2_}\lambda_2$) 與第一波長範圍 λ_1 中的光的強度 ($I_{2_}\lambda_1$) 之比 ($(I_{2_}\lambda_2)/(I_{2_}\lambda_1)$)。此時，在第三照明方法中，R1 大於 R2。

將參考圖 7A 和圖 7B 描述方程式 (3) 的條件。圖 7A 示出了比較例 7 的照明，並且圖 7B 示出了滿足方程式 (3) 的照明。原件 (遮罩) 的圖案是線寬為 $1\mu\text{m}$ 的線和間隔圖案，並且 NA 為 0.12。在比較例 7 中，在不考慮寬頻照明光中的波長的情況下使用變形照明。例如，當環形照明被用作變形照明時，對於包括在寬頻照明光中的波長為 290nm 的光和波長為 365nm 的光兩者，設定相同的環形區域。由原件的圖案生成的衍射光的衍射角度根據波長而改變。為此，如圖 7A 中所示，波長為 290nm 的衍射光 D^1_{290} 和波長為 365nm 的衍射光 D^1_{365} 以彼此不同的角度衍射。因此，例如，如果

使用針對 D^1_{290} 最優的環形照明，那麼不能獲得針對 D^1_{365} 最優的環形照明。最優的環形照明意味著來自原件的透射光(0級衍射光) D^0_λ 和一級衍射光 D^1_λ 相對於光軸以相等的角度在相反的方向上(對稱地)前進。

在滿足方程式(3)的照明中，對於寬頻照明光，根據方程式(3)設定取決於波長的變形照明。如圖7B中所示，為寬頻照明光中包括的波長為290nm的光和波長為365nm的光設定彼此不同的環形區域。滿足方程式(3)的照明是其中與波長為290nm的光相關的透射光 D^0_{290} 和一階衍射光 D^1_{290} 相對於光軸以彼此相等的角度對稱地前進的最優的環形照明。此外，滿足方程式(3)的照明即使對於波長為365nm的光也是最優的環形照明，其中，透射光 D^0_{365} 和一階衍射光 D^1_{365} 相對於光軸以彼此相等的角度對稱地前進。這種環形照明是上述的包括與曝光圖案的衍射光分佈中衍射強度大的角度對應的照明角度的變形照明。

在環形照明中，較佳地減小圖7B中的環形區域的內 σ 或增加外 σ ，以包括圖7B中所示的環形區域，從而使發光區域大並增加照度。但是，從獲得大焦深的觀點出發，如比較例2那樣不考慮波長來設定變形照明不是優選的。如上所述，較佳地使偏離方程式(3)的條件的波長範圍的照明強度低。

[示例3]

將參考圖8描述根據示例3的變形照明。投影光學系統

的數值孔徑 NA 為 0.12，並且曝光圖案是線寬為 $1.2\mu\text{m}$ 的 7 線和間隔圖案。除了端線寬度，還評估中心線。比較例 3 的照明是使用 270nm 至 390nm 的波長 λ 、內 σ 為 0.45 且外 σ 為 0.85 的環形照明。

示例 3 的變形照明的發光區域包括波長 λ 為 270nm 至 330nm、內 σ 為 0.45 且外 σ 為 0.60 的第一區域，以及波長 λ 為 330nm 至 390 nm、內 σ 為 0.70 且外 σ 為 0.85 的第二區域。 σ 為 0.60 至 0.70 的區域是非發光區域。如示例 3 中那樣，具有在第一區域和第二區域之間的半徑的區域可以是非發光區域。從解析力的角度來看，影像對比度從 0.68 改善到 0.69，並且側壁角度從 72.9° 改善到 73.4° 。焦深 (DOF) 從 $33.4\mu\text{m}$ 增加到 $45.3\mu\text{m}$ 。同樣，在示例 3 中，解析力性能和焦深性能二者都得到改善。但是，端線寬度從 1034 nm 減小到 1011 nm 並且惡化。

[示例 4]

將參考圖 9 描述根據示例 4 的變形照明。投影光學系統的數值孔徑 NA 為 0.12，並且曝光圖案是線寬為 $1.0\mu\text{m}$ 的 9 線和間隔圖案。原件是相移遮罩(衰減相移遮罩)。相移遮罩的透射率為 9%。圖 9 示出了其中橫坐標表示散焦並且縱坐標表示抗蝕劑圖案(9 線和間隔圖案的中心處的線圖案)的線寬 CD。示例 4 的 CD 曲線由實線指示。示例 4 的照明是照明 1 和照明 2 的組合。在照明 1 和照明 2 中，針對散焦的 CD 變化具有彼此不同的符號。在照明 1 中，針對散焦的 CD

變化小。但是，由於照度低，因此照明不實用。在示例4中，確保了充足的照度，並且組合地使用其中針對散焦的CD變化具有彼此不同的符號的照明1和照明2，由此將針對散焦的CD變化抑制為小。

[示例5]

圖10示出了根據示例5的變形照明的四個示例A、B、C和D。示例D的第二區域是具有單個波長的光源(即，窄帶光源)的示例。作為窄帶光源，例如，可以使用KrF雷射器或ArF雷射器。當使用KrF雷射器或ArF雷射器時，可以藉由縮短波長來獲得對比度改善效果。雖然這裡描述了四個示例，但是，本發明不限於這些示例。

[示例6]

圖11A至圖11G示出了根據示例6的變形照明的示例。由黑色、陰影線和水平線指示的區域具有彼此不同的波長範圍。根據這個實施例的寬頻照明不限制波長範圍。在變形照明中使用的波長範圍可以包括比i線短的波長，並且可以包括比g線長的波長。

圖11A示出了其中波長範圍 λ_1 的第一區域I1和波長範圍 λ_2 的第二區域I2沒有被劃分為內側和外側的示例。圖11B示出了其中波長範圍被劃分為三個範圍、發光區域也被劃分為三個區域並且每個區域被指派一個波長範圍的示例。所劃分的波長範圍的數量和所劃分的發光區域的數量

可以是四個或更多。圖 11C 示出了其中照明光的波長範圍在小 σ 照明 (illumination of small σ) 的內側和外側之間改變的示例，這對於例如孔圖案是有效的。例如，在外側的區域中切斷長波長。在使用相移遮罩的情況下，這使得有可能在抑制由旁瓣引起的膜厚度減小的同時增加焦深。圖 11D 示出了其中組合小 σ 照明和環形照明的示例。

圖 11E 示出了其中環形照明中的與特定圖案方向對應的角度分量被遮蔽(移除)的示例。這種方向差可以存在。圖 11F 示出了其中第一區域 I1 和第二區域 I2 具有共同的內 σ 和外 σ 並且與圖案方向對應地被劃分的示例。圖 11G 示出了其中發光區域不是 90° 旋轉目標的示例。這個示例與其中從原件的圖案的衍射光強度高的區域決定發光區域的示例對應。如上所述，在一些情況下，原件的圖案的衍射光強度高的區域不是 90° 旋轉目標。除了這些示例之外，本發明還可以應用於偏振照明。如上所述，本發明不限於環形照明。

下面將描述另一個實施例。首先將參考圖 12A 和圖 12B 描述被配置為實現上述環形照明的光源 1 和照明光學系統 10 的佈置。圖 12A 中所示的示例示出了其中光源 1 由第一光源 1A 和第二光源 1B 形成的示例。第一光源 1A 和第二光源 1B 發射彼此不同的波長 λ_1 和 λ_2 的光束。由第一光源 1A 和第二光源 1B 中的每一個發射的光可以是單波長的光、窄帶光或寬頻光。第一光源 1A 和第二光源 1B 中的一個可以發射窄帶光，而另一個可以發射寬頻光。包括彼此不同的

多個波長範圍的光可以使用被配置為發射單波長的光或窄帶光的多個光源被實現為寬頻光。如果第一區域I1和第二區域I2具有不同的波長，那麼可以藉由合成從第一光源1A發射的第一光和從第二光源1B發射的第二光來形成變形照明。彼此不同的發光區域可以由第一光源1A和第二光源1B形成，然後藉由照明光學系統10進行合成。相同的發光區域可以由第一光源1A和第二光源1B形成，並且第一區域I1和第二區域I2中的波長範圍可以由波長過濾器(未示出)改變。第一光源1A和第二光源1B可以是LED光源。此外，形成光源1的光源的數量不限於兩個，並且可以是三個或更多。

圖12B示出了其中光源1由三個寬頻光源1C形成的示例。每個寬頻光源1C發射寬頻光。在圖12B中所示的示例中，從三個寬頻光源1C發射的光束的波長範圍是相同的。為了使形成發光區域的多個區域具有不同的波長，例如，可以分別為三個寬頻光源1C提供第一波長過濾器63A、第二波長過濾器63B和第三波長過濾器63C，以在三個光源中形成包括彼此不同的波長範圍的區域。可替代地，代替使用第一波長過濾器63A、第二波長過濾器63B和第三波長過濾器63C，可以提供第四波長過濾器65。在這種情況下，在來自三個寬頻光源1C的光束被合成之後，第四波長過濾器65可以利用波長範圍彼此不同的光束形成用於形成發光區域的多個區域。

此外，第一波長過濾器63A、第二波長過濾器63B、

第三波長過濾器 63C 和第四波長過濾器 65 可以一起使用。這些波長過濾器可以設置在轉動轉塔 (turning turret) 上，或者可以設置在光柵型機構上以被變速驅動。這促進在使用波長過濾器的情況與不使用波長過濾器的情况之間進行切換。圖 12B 示出了其中形成光源 1 的光源的數量為三的示例。但是，光源的數量不限於此，並且可以是例如一個。這個實施例並非旨在限制與波長範圍的劃分或發光區域的形成有關的方法。

波長過濾器僅需要減小針對特定波長的透射率，而不必完全使針對特定波長的透射率為零 (將其遮蔽)。此外，不必在發光區域之間的邊界部分處完全劃分波長範圍。此外，可以不藉由波長過濾器的波長選擇而是使用全息元件來抑制光量 (照度) 的減小。可以使用藉由在照明光學系統中使用軸錐透鏡 (axicon lens) 來改善環形照明的照度的技術。為了在不同的曝光裝置之間獲得相同的性能，可以使用曝光裝置之間的差異的評估值來調整照明。

以下將參考圖 13 和圖 14 來描述根據實施例的曝光方法和曝光條件決定方法。曝光方法和決定方法的執行由例如控制單元 CNT 控制。圖 13 示出了曝光裝置 100 中的曝光方法以及曝光條件決定方法。

在步驟 S11 中，照明光被劃分為多個波長和多個照明角度。這對應於如圖 3 中所示的以預定寬度 (例如，以 10nm 的間隔) 劃分波長範圍並以預定寬度 (例如，以 0.05 的間隔) 劃分環形區域的半徑 σ 。劃分波長和 σ 的解析度可以任意設

定。在步驟 S12 中，針對最佳聚焦狀態，計算藉由使用波長範圍和照明角度執行照明而形成的影像的線寬。可以關於空中影像 (aerial image) 或抗蝕劑影像來計算影像的線寬。可以考慮投影光學系統的像差來計算影像的線寬。

在步驟 S13 中，針對特定散焦，計算藉由使用波長範圍和照明角度執行照明而形成的影像的線寬。可以基於必要的焦深來決定該特定散焦，並且例如，如果必要的焦深在範圍上為例如 $30\mu\text{m}$ ，那麼散焦被設定為 $15\mu\text{m}$ 。可以關於空中影像或抗蝕劑影像來計算影像的線寬，並且計算條件較佳地與步驟 S12 中的計算條件相同。

在步驟 S14 中，計算由散焦引起的線寬的變化。這與圖 3 中所示的線寬的變化對應。在步驟 S15 中，決定其中由散焦引起的線寬的變化具有彼此不同的符號的第一區域 I1 和第二區域 I2。將參考圖 14 詳細描述步驟 S15。在步驟 S16 中，調整第一區域 I1 和第二區域 I2 的波長 (第一波長範圍和第二波長範圍) 以及照明角度，使得當用第一區域 I1 和第二區域 I2 照亮原件時由散焦引起的線寬之間的差異變得等於或小於參考值。可以基於必要的準確性來決定該參考值。由此決定第一波長範圍、第二波長範圍、第一區域 I1 和第二區域 I2。例如，如果允許線寬的 10% 的變化，那麼對於 $1\mu\text{m}$ 的圖案，參考值為 $0.1\mu\text{m}$ 。在步驟 S17 中，設定其中定義包括第一區域 I1 和第二區域 I2 的發光區域的變形照明的條件 (曝光條件)。在步驟 S18 中，根據在步驟 S17 中設定的變形照明的條件 (曝光條件)，在照明光學系統 10 的光

瞳平面上形成發光區域的同時，曝光基板。

圖 14 示出了圖 13 中的步驟 S15 的細節。在步驟 S151 中，在圖 13 的步驟 S11 中劃分的條件 (λ, σ) 當中的滿足方程式 (3) 的條件和附近條件中，決定 ΔCD 為正的條件 1 (λ, σ) 和 ΔCD 為負的條件 2 (λ, σ) 。附近條件是例如 σ 差為 0.30 或更小，並且波長差為 100nm 或更小。可以任意設定條件。在步驟 S152 中，選擇包括許多條件 1 的 σ 的區域，並且將這個區域定義為 $(\sigma_{1in}, \sigma_{1out})$ 。此時，為了增加照明的照度，較佳地進行選擇，使得環形寬度變得大於閾值。在步驟 S153 中，選擇包括許多條件 2 的 σ 的區域，以使其不與 $(\sigma_{1in}, \sigma_{1out})$ 重疊，並將這個區域定義為 $(\sigma_{2in}, \sigma_{2out})$ 。此時，為了增加照明的照度，較佳地進行選擇，使得環形寬度變得大於閾值。

在步驟 S154 中，對於 $(\sigma_{1in}, \sigma_{1out})$ 範圍內的條件 (λ, σ) ，決定波長範圍 λ_1 ，使得波長寬度變得大於閾值，並且包括在波長寬度中的條件的 ΔCD 的總和變為正。波長寬度的閾值是例如作為寬頻波長的條件的 10nm 的半峰全寬。在步驟 S155 中，對於 $(\sigma_{2in}, \sigma_{2out})$ 範圍內的條件 (λ, σ) ，決定波長範圍 λ_2 ，使得波長寬度變得大於閾值，並且包括在波長寬度中的條件的 ΔCD 的總和變為負。波長寬度的閾值是例如作為寬頻波長的條件的 10nm 的半峰全寬。在步驟 S156 中，將由 λ_1 和 $(\sigma_{1in}, \sigma_{1out})$ 定義的區域決定為第一區域 I1。在步驟 S157 中，將由 λ_2 和 $(\sigma_{2in}, \sigma_{2out})$ 定義的區域決定為第二區域 I2。以這種方式，在圖 13 的步驟 S15 中

決定第一區域I1和第二區域I2。

下面將描述使用由上述實施例表示的曝光裝置製造物品的物品製造方法。物品可以是例如平板顯示器、半導體元件、MEMS等。使用上述曝光裝置，藉由曝光被施加有光阻劑的基板(板、晶片、玻璃基板等)、使基板(光阻劑)顯影並藉由另一種已知的處理對經顯影的基板進行處理來製造物品。另一種已知的處理包括蝕刻、抗蝕劑剝離、切割、粘合、封裝等。根據該物品製造方法，相比於以前，可以製造更高品質的物品。

上面已經描述了本發明的實施例。本發明不限於這些實施例，當然，可以在本發明的範圍內進行各種改變和修改。例如，本發明還可以應用於使用非1×系統(諸如放大系統或縮小系統)的投影光學系統、無遮罩投影光學系統、多次曝光或LED光源的曝光裝置。遮罩不限於二進位遮罩，並且可以使用相移遮罩。

其它實施例

本發明的(一個或多個)實施例還可以藉由讀出並執行記錄在存儲介質(也可以被更完整地稱為“非瞬態電腦可讀存儲介質”)上的電腦可執行指令(例如，一個或多個程式)以執行上述(一個或多個)實施例中的一個或多個實施例的功能和/或包括用於執行上述(一個或多個)實施例中的一個或多個實施例的功能的一個或多個電路(例如，專用積體電路(ASIC))的系統或裝置的電腦來實現，以及藉由由系

統或裝置的電腦藉由例如從存儲介質讀出並執行電腦可執行指令以執行上述(一個或多個)實施例中的一個或多個實施例的功能和/或控制一個或多個電路執行上述(一個或多個)實施例中的一個或多個實施例的功能而執行的方法來實現。電腦可以包括一個或多個處理器(例如,中央處理單元(CPU)、微處理單元(MPU)),並且可以包括單獨電腦或單獨處理器的網路,以讀出並執行電腦可執行指令。電腦可執行指令可以例如從網路或存儲介質提供給電腦。存儲介質可以包括例如硬碟、隨機存取記憶體(RAM)、唯讀記憶體(ROM)、分散式運算系統的存儲裝置、光碟(諸如光碟(CD)、數位多功能碟(DVD)或藍光光碟(BD)TM)、快閃記憶體設備、記憶卡等中的一個或多個。

雖然已經參考示例性實施例描述了本發明,但是應該理解的是,本發明不限於所揭露的示例性實施例。下述諸請求項的範圍應被賦予最廣泛的解釋,以涵蓋所有這種修改以及等同的結構和功能。

【符號說明】

- 1:光源
- 1A:第一光源
- 1B:第二光源
- 1C:寬頻光源
- 2:聚光反射鏡
- 3:第一焦點

- 4:第二焦點
- 5:聚光透鏡
- 7a:入射表面
- 7:複眼透鏡
- 7b:出射表面
- 8:聚光透鏡
- 9:原件(遮罩)
- 10:照明光學系統
- 11:投影光學系統
- 12:基板
- 13:原件台機構
- 32:反射鏡
- 34:反射鏡
- 36:反射鏡
- 38:基板台機構
- 61:孔徑光闌
- 63A:第一波長過濾器
- 63B:第二波長過濾器
- 63C:第三波長過濾器
- 65:第四波長過濾器
- 100:曝光裝置
- CNT:控制單元
- I1:第一區域
- I2:第二區域

【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種曝光裝置，包括照明光學系統以及被配置為利用從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中包括第一區域和第二區域的發光區域被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，

從包括由來自該第一區域的第一光形成的第一影像和由來自該第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成該投影影像，以及

該第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於該第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，

其中該第一區域包括配置在該第二區域之內側的區域。

【請求項2】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第一光和該第二光中的至少一者是寬頻光。

【請求項3】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第一光和該第二光都是寬頻光。

【請求項4】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第二光之波長範圍的波長比該第一光之波長範圍的最大波長還長。

【請求項5】根據請求項2所述的曝光裝置，其中該寬頻光具有包括由汞燈生成的多條亮線的帶。

【請求項6】根據請求項1所述的曝光裝置，其中在藉

第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

由合成該第一影像和該第二影像所獲得之影像中，由散焦引起之線寬的增加/減小變化是減少。

【請求項7】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第一區域和該第二區域中的每一個具有四重旋轉對稱的形狀。

【請求項8】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第一區域和該第二區域中的每一個都具有環形形狀。

【請求項9】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第一光的波長與該第二光的波長彼此不同。

【請求項10】根據請求項1所述的曝光裝置，其中該第一區域和該第二區域中的每一個都具有環形形狀，

該第一區域具有在該第二區域的內側的 σ ，並且該第二區域具有在該第一區域的外側的 σ ，

作為該第二光的波長範圍的第二波長範圍相對於作為該第一光的波長範圍的第一波長範圍係在長波長側，以及

令 $R1$ 為該第一區域中該第二波長範圍中的光的強度 ($I1_{\lambda 2}$) 與該第一波長範圍中的光的強度 ($I1_{\lambda 1}$) 之比 ($(I1_{\lambda 2})/(I1_{\lambda 1})$)，且

$R2$ 為該第二區域中該第二波長範圍中的光的強度 ($I2_{\lambda 2}$) 與該第一波長範圍中的光的強度 ($I2_{\lambda 1}$) 之比 ($(I2_{\lambda 2})/(I2_{\lambda 1})$)，

則 $R1$ 小於 $R2$ 。

【請求項11】根據請求項1所述的曝光裝置，其中

第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

該第一區域和該第二區域中的每一個都具有環形形狀，

該第一區域具有在該第二區域的內側的 σ ，並且該第二區域具有在該第一區域的外側的 σ ，

作為該第二光的波長範圍的第二波長範圍相對於作為該第一光的波長範圍的第一波長範圍係在長波長側，以及

令 $R1$ 為該第一區域中該第一波長範圍中的光的強度 ($I1_{\lambda1}$) 與該第二波長範圍中的光的強度 ($I1_{\lambda2}$) 之比 ($(I1_{\lambda1})/(I1_{\lambda2})$)，且

$R2$ 為該第二區域中該第一波長範圍中的光的強度 ($I2_{\lambda1}$) 與該第二波長範圍中的光的強度 ($I2_{\lambda2}$) 之比 ($(I2_{\lambda1})/(I2_{\lambda2})$)，

則 $R1$ 大於 $R2$ 。

【請求項 12】 根據請求項 1 所述的曝光裝置，其中該第一區域和該第二區域中的每一個都具有環形形狀，

該第一區域具有在該第二區域的內側的 σ ，並且該第二區域具有在該第一區域的外側的 σ ，

作為該第二光的波長範圍的第二波長範圍相對於作為該第一光的波長範圍的第一波長範圍係在長波長側，以及

令 $R1$ 為該第一區域中該第二波長範圍中的光的強度 ($I1_{\lambda2}$) 與該第一波長範圍中的光的強度 ($I1_{\lambda1}$) 之比 ($(I1_{\lambda2})/(I1_{\lambda1})$)，且

$R2$ 為該第二區域中第二波長範圍中的光的強度

第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

($I_{2_λ2}$) 與該第一波長範圍中的光的強度 ($I_{2_λ1}$) 之比 ($(I_{2_λ2})/(I_{2_λ1})$)，

則 $R1$ 大於 $R2$ 。

【請求項 13】根據請求項 1 所述的曝光裝置，其中令 P 為該投影影像的週期， NA 為該投影光學系統的數值孔径，並且 $λ1$ 為該第一光的波長，則該第一區域包括具有由下式定義的半徑的區域

$λ1/(2NA \cdot P)$ 。

【請求項 14】根據請求項 1 所述的曝光裝置，其中該照明光學系統包括被配置為生成具有不大於 350nm 的波長的光的光源。

【請求項 15】根據請求項 1 至 14 中的任一項所述的曝光裝置，其中該第一區域和該第二區域是彼此排斥的區域。

【請求項 16】一種曝光裝置，包括照明光學系統以及被配置為利用從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中包括第一區域和第二區域的發光區域被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，

從包括由來自該第一區域的第一光形成的第一影像和由來自該第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成該投影影像，以及

該第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於該第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具

第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

有不同的符號，

其中該第一區域和該第二區域中的每一個具有四重旋轉對稱的形狀。

【請求項 17】一種曝光裝置，包括照明光學系統以及被配置為利用從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中第一環形強度分布和配置在該第一環形強度分布之外側的第二環形強度分布被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，以及

其中在形成該第一環形強度分布之光的波長範圍內的最短波長短於在形成該第二環形強度分布之光的波長範圍內的最短波長。

【請求項 18】一種藉由曝光裝置的曝光方法，該曝光裝置包括照明光學系統以及被配置為藉由從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中包括第一區域和第二區域的發光區域被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，

從包括由來自該第一區域的第一光形成的第一影像和由來自該第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成該投影影像，以及

該曝光方法包括在形成該發光區域的同時曝光該基板，使得該第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於該第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，

第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

其中該第一區域包括配置在該第二區域之內側的區域。

【請求項 19】一種藉由曝光裝置的曝光方法，該曝光裝置包括照明光學系統以及被配置為藉由從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中第一環形強度分布和配置在該第一環形強度分布之外側的第二環形強度分布被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，

由來自該第一環形強度分布的第一光形成的第一影像和來自該第二環形強度分布的第二光形成的第二影像合成該投影影像，以及

該曝光方法包括在形成該第一環形強度分布和該第二環形強度分布的同時曝光該基板，使得該第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於該第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號。

【請求項 20】一種決定曝光裝置中的曝光條件的決定方法，該曝光裝置包括照明光學系統以及被配置為藉由從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中包括第一區域和第二區域的發光區域被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，

從包括由來自該第一區域的第一光形成的第一影像和由來自該第二區域的第二光形成的第二影像的多個影像合成該投影影像，以及

第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

該決定方法包括決定該第一光的波長範圍、該第二光的波長範圍、該第一區域和該第二區域，使得該第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於該第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號，

其中該第一區域包括配置在該第二區域之內側的區域。

【請求項 21】一種決定曝光裝置中的曝光條件的決定方法，該曝光裝置包括照明光學系統以及被配置為藉由從該照明光學系統提供的光在基板上形成投影影像的投影光學系統，

其中第一環形強度分布和配置在該第一環形強度分布之外側的第二環形強度分布被形成在該照明光學系統的光瞳平面上，

由來自該第一環形強度分布的第一光形成的第一影像和來自該第二環形強度分布的第二光形成的第二影像合成該投影影像，以及

該決定方法包括決定該第一光的波長範圍、該第二光的波長範圍、該第一環形強度分布、和該第二環形強度分布，使得該第二影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化相對於該第一影像中由散焦引起的線寬的增加/減小變化具有不同的符號。

【請求項 22】一種物品製造方法，包括：

使用如請求項 1 的曝光裝置來曝光基板；

顯影經曝光的該基板；以及

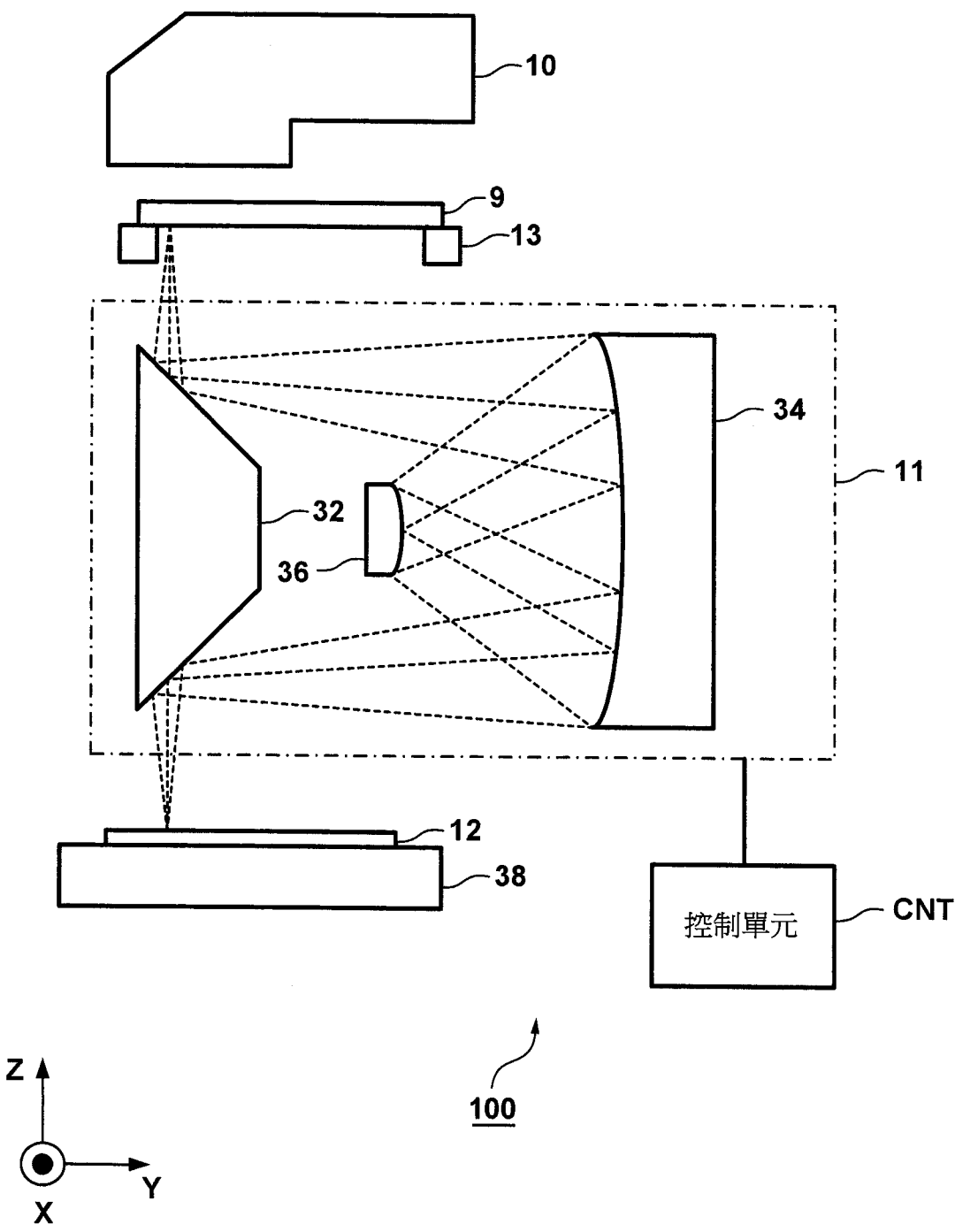
第 109114293 號

民國 112 年 3 月 30 日修正

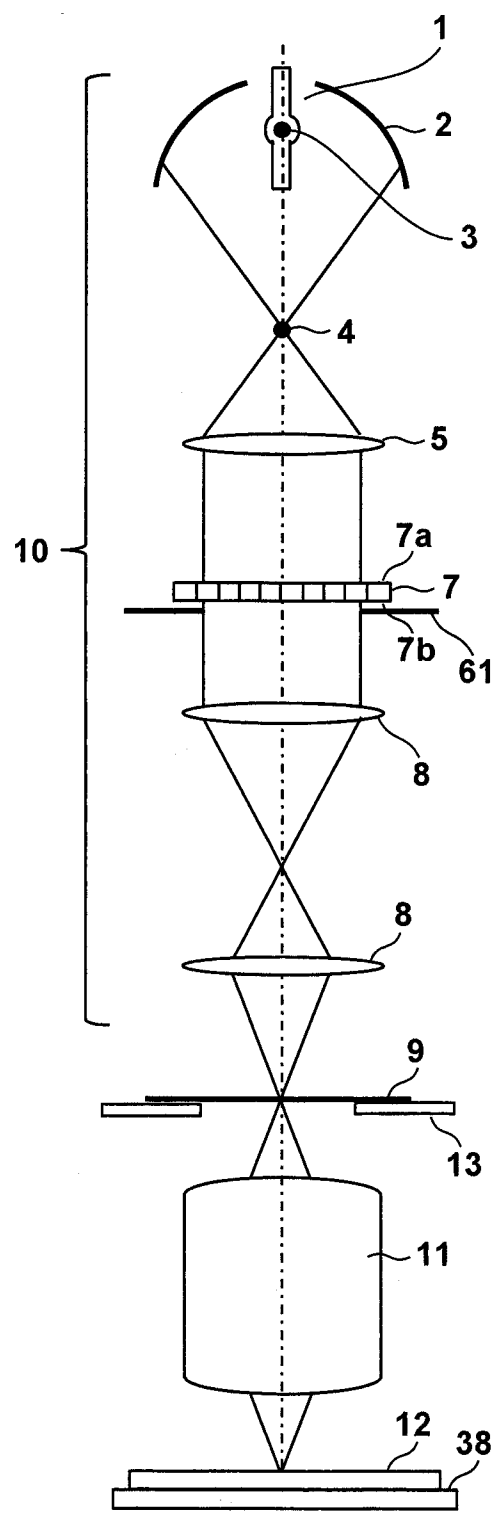
由經顯影的該基板來製造物品。

【請求項23】一種物品製造方法，包括：
使用如請求項17的曝光裝置來曝光基板；
顯影經曝光的該基板；以及
由經顯影的該基板來製造物品。

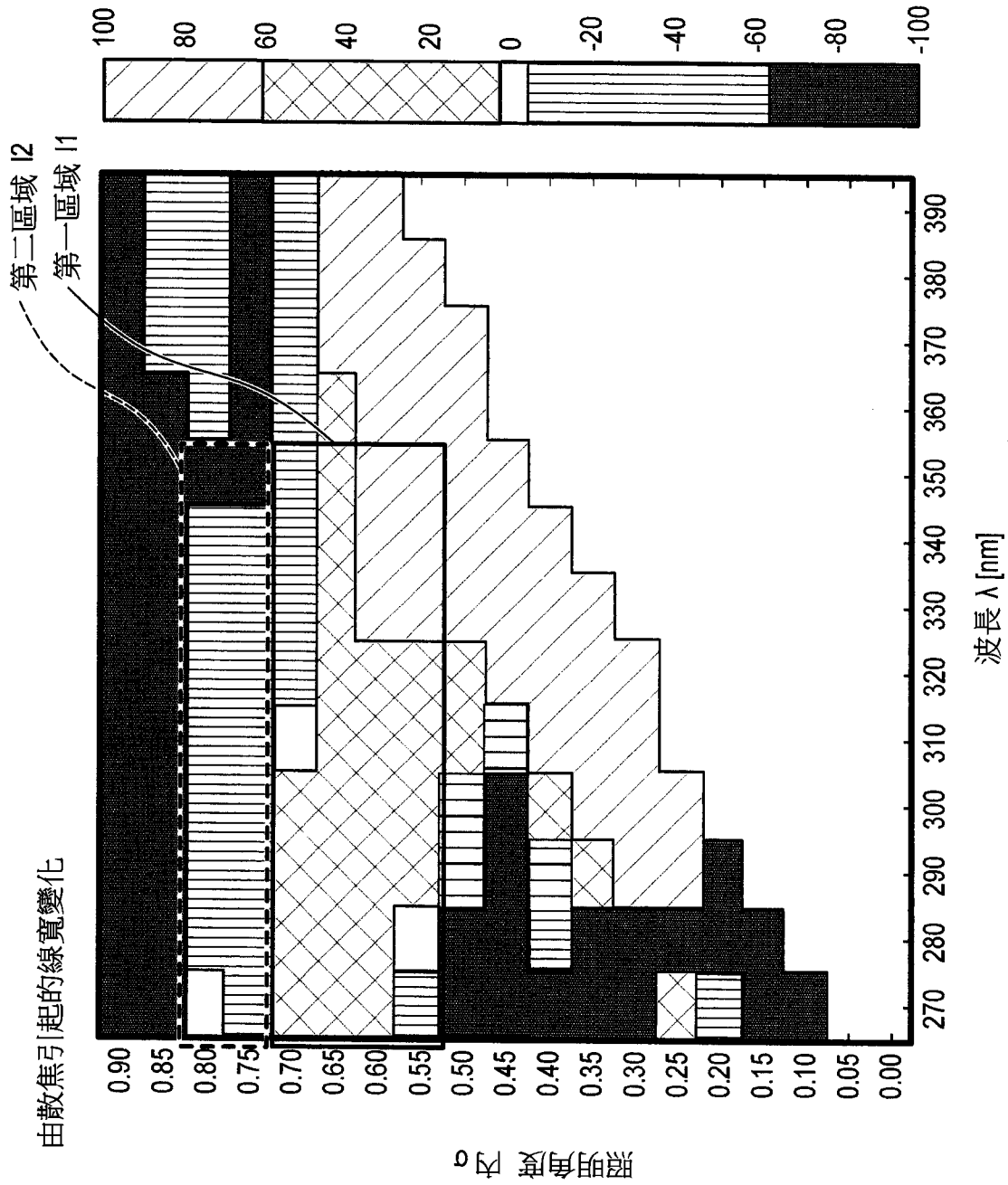
【發明圖式】



【圖 1】

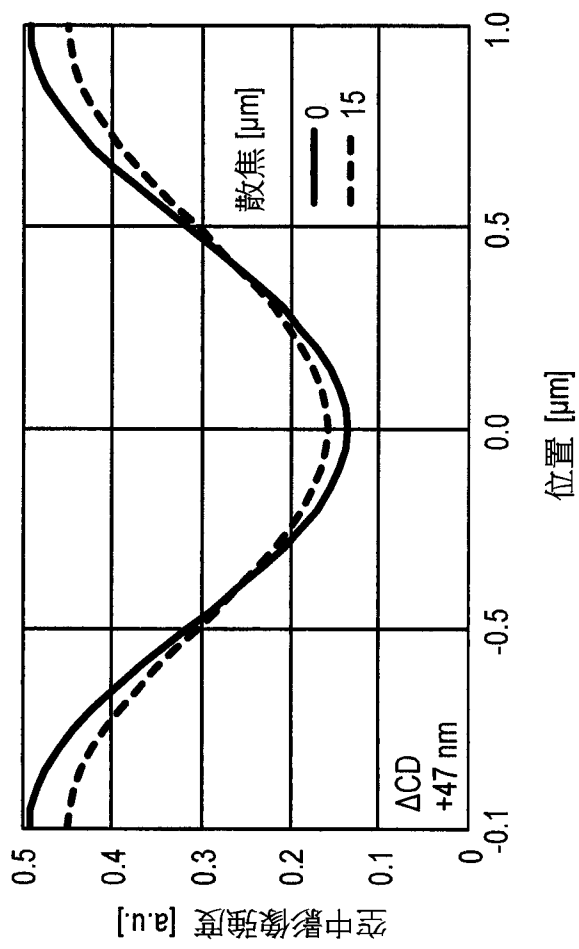
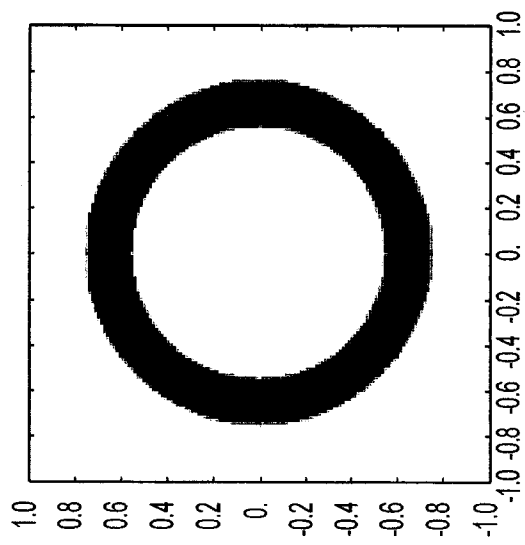


【圖 2】



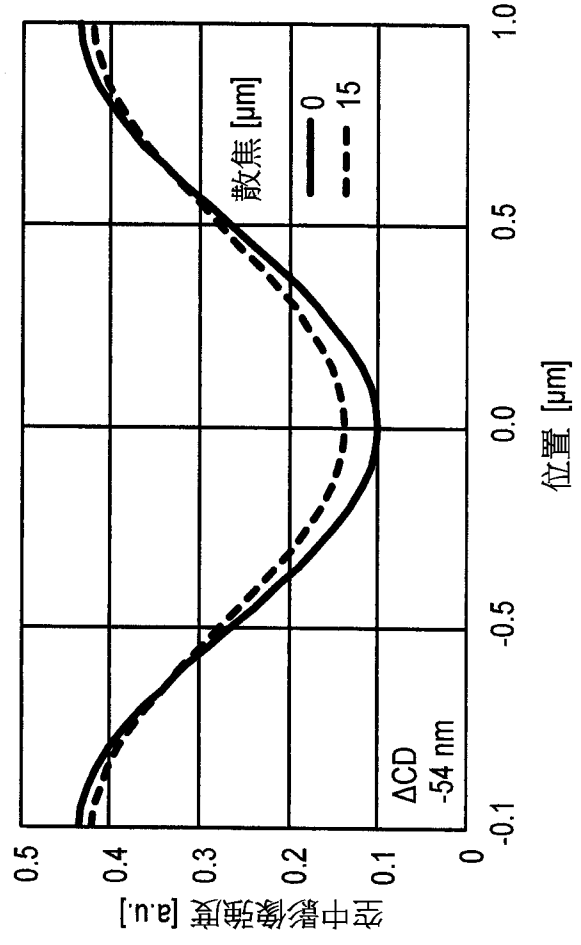
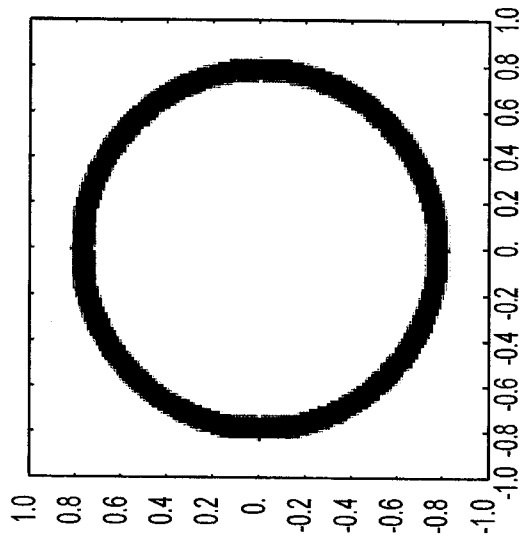
【圖 3】

第一區域 I1
 λ : 270~350 nm
 內 σ : 0.55
 外 σ : 0.75



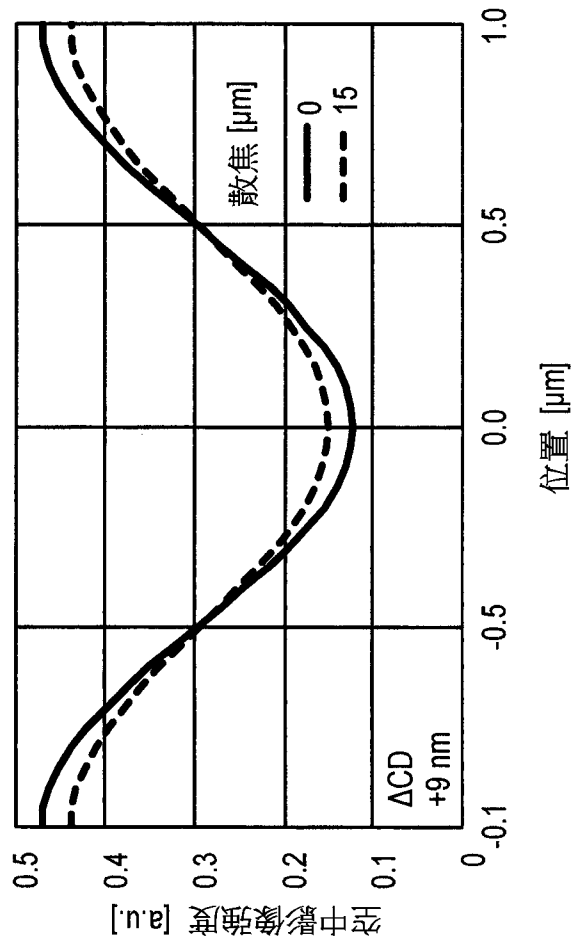
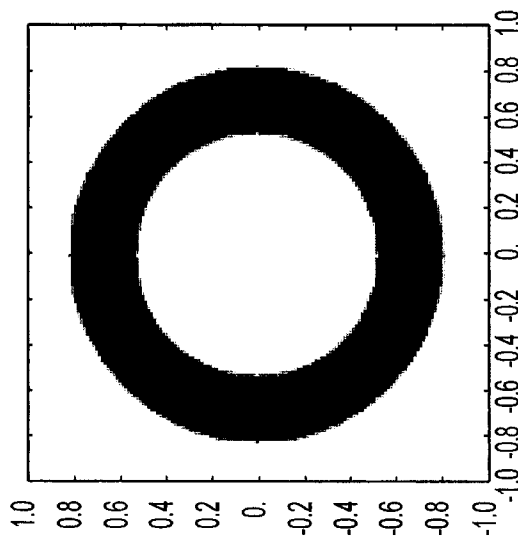
【圖 4A】

第一區域 I2
 λ : 270~350 nm
 內 σ : 0.75
 外 σ : 0.85

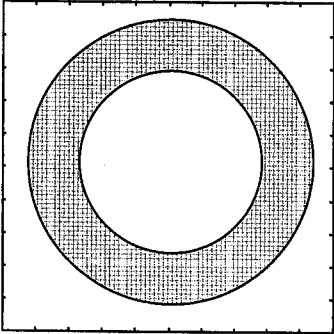
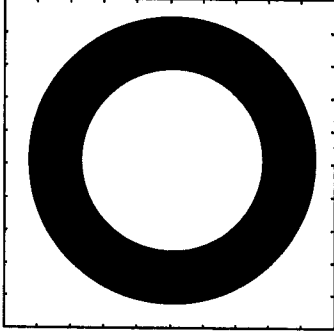


【圖 4B】

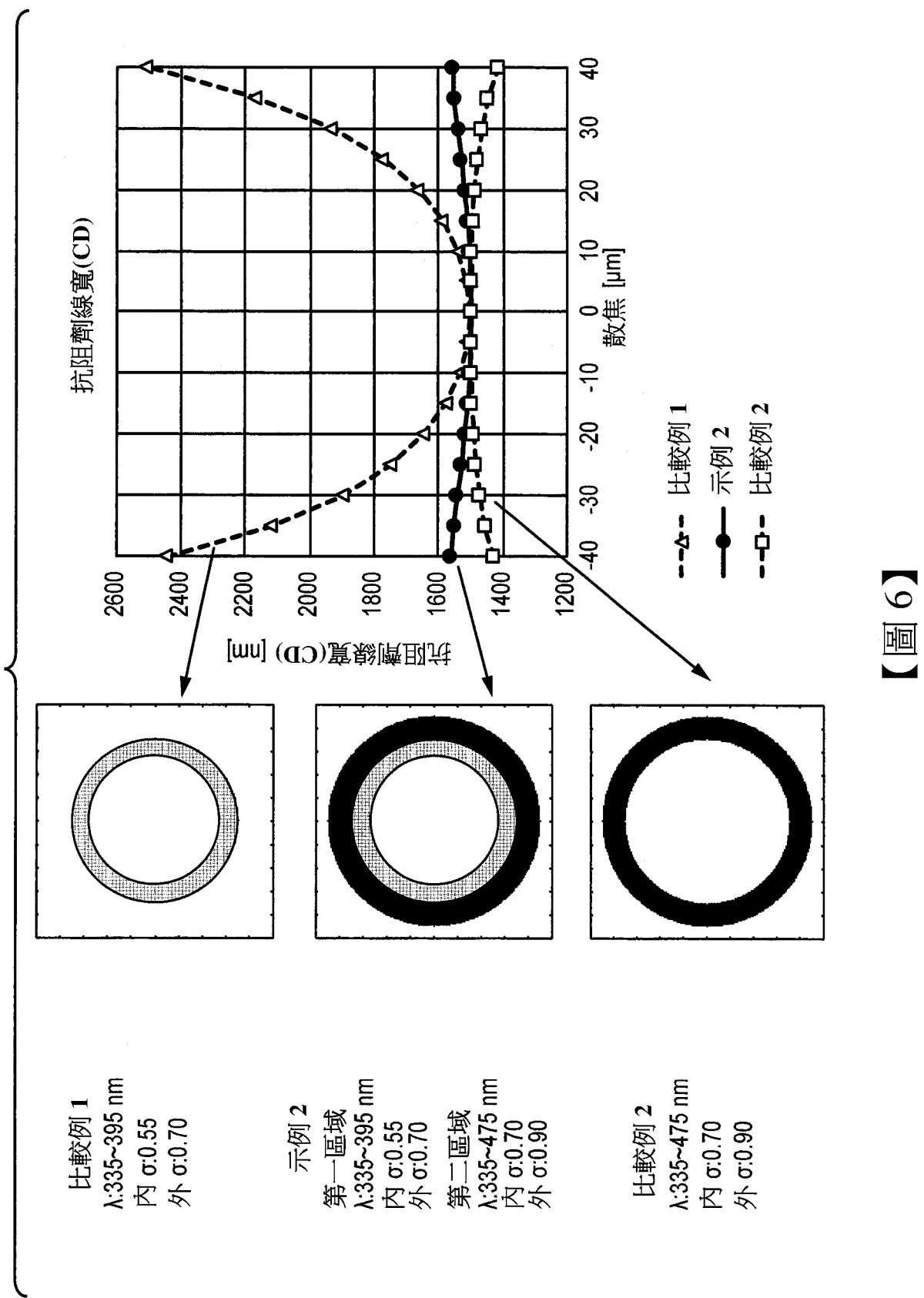
示例 1(1+I2)
 $\lambda: 270 \sim 350 \text{ nm}$
 内 $\sigma: 0.55$
 外 $\sigma: 0.85$



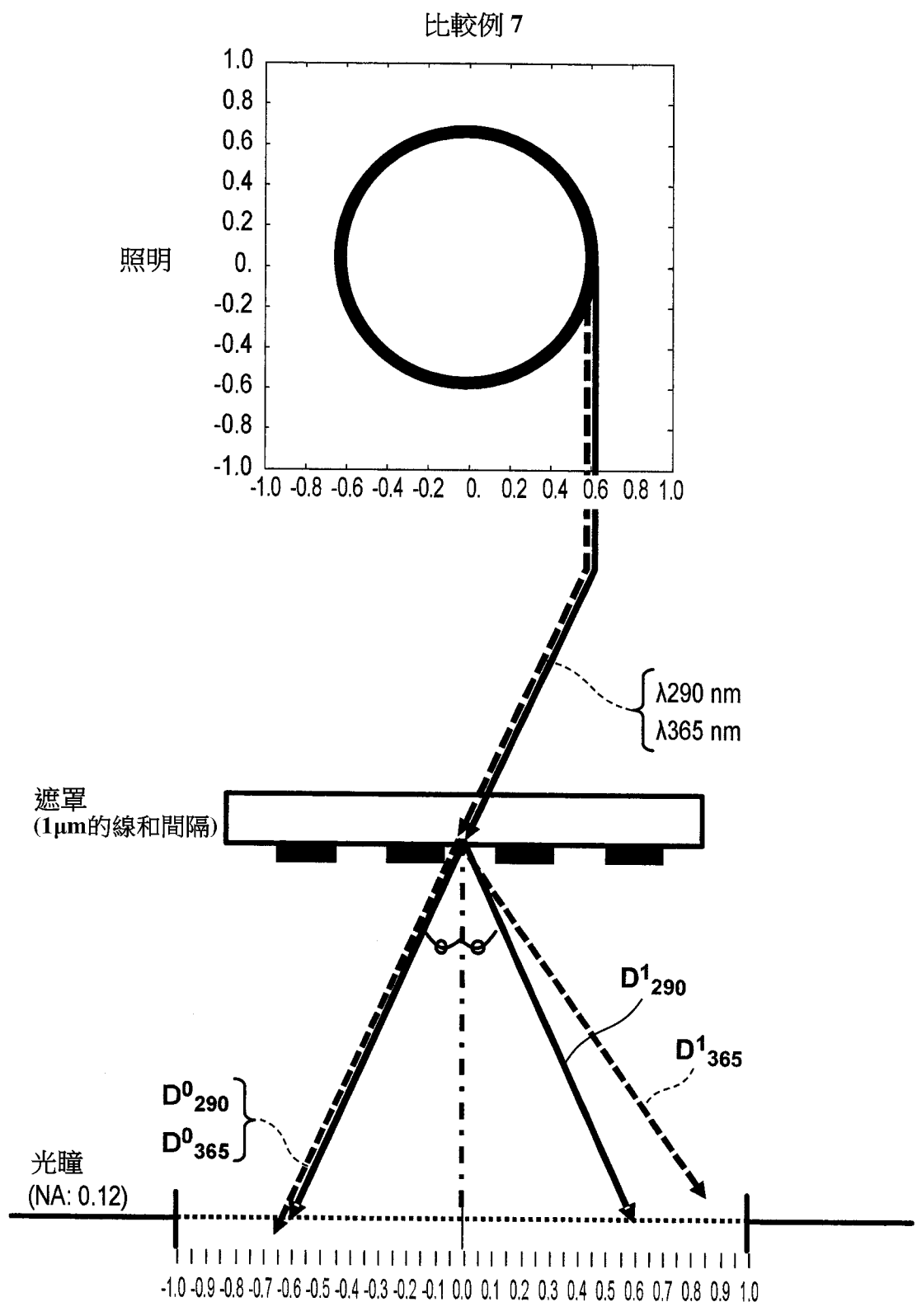
【圖 4C】

	比較例	示例 1
發光區域		
波長 [nm]	270~390	270~350
照明角度	內 σ 0.55, 外 σ 0.85	
影像對比度	0.52	0.59
焦深(DOF) [μ m]	30.9	32.2
端線寬度 [nm]	745	799
側壁角度 [$^{\circ}$]	69.4	72.6

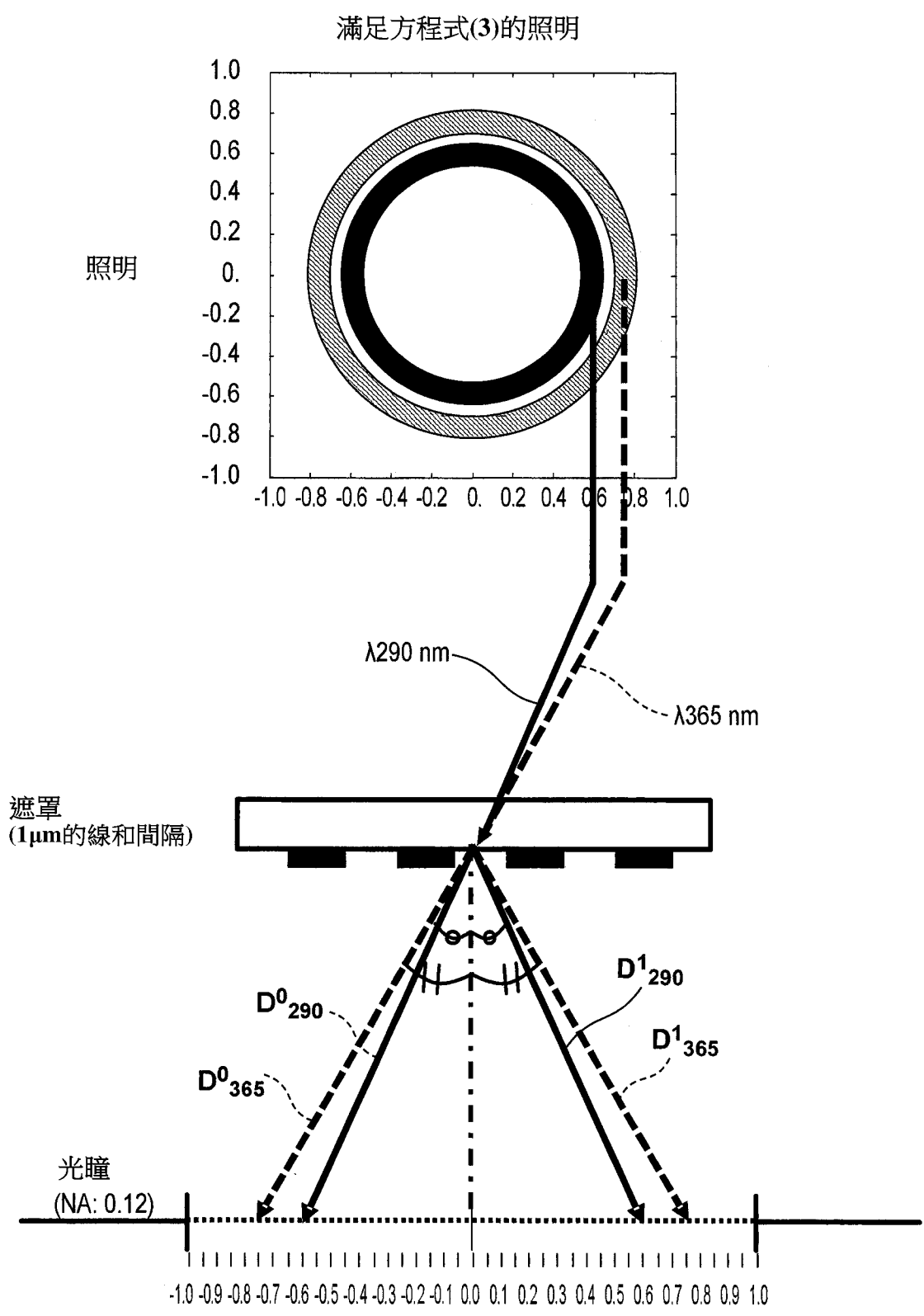
【圖 5】



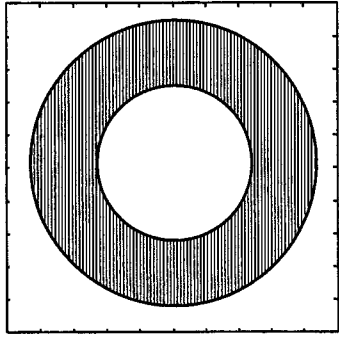
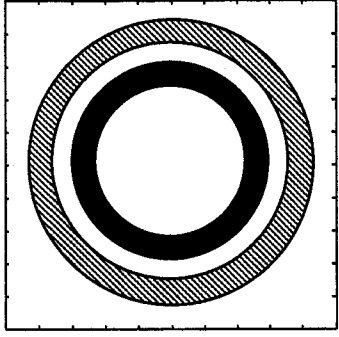
【圖 6】



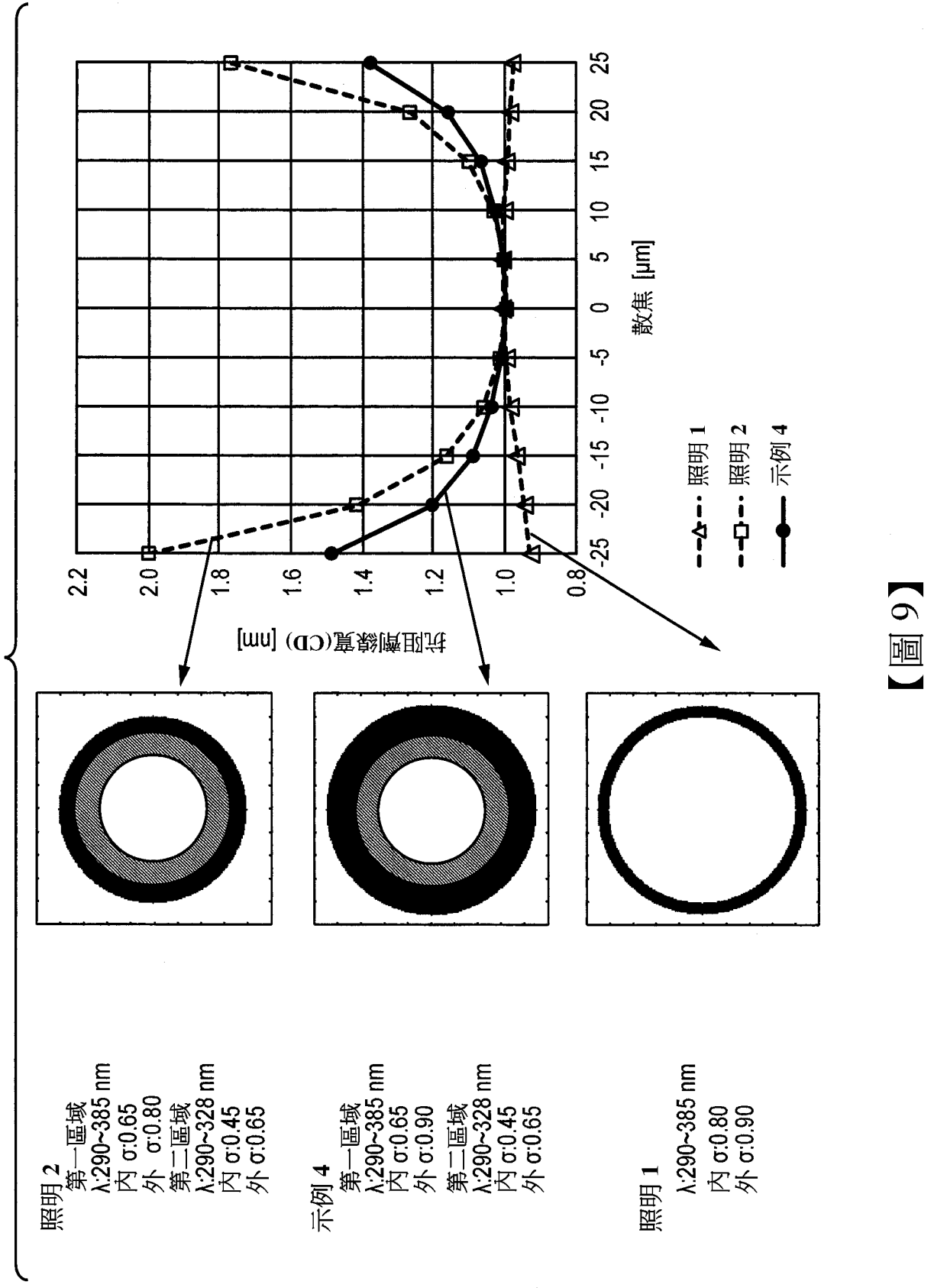
【圖 7A】



【圖 7B】

發光區域		比較例 3	示例 3
			
第一區域	波長 [nm]	270~390	270~330
	照明角度	內 σ :0.45 外 σ :0.85	內 σ :0.45 外 σ :0.60
第二區域	波長 [nm]	—	330~390
	照明角度	—	內 σ :0.70 外 σ :0.85
影像對比度		0.68	0.69
焦深(DOF) [μ m]		33.4	45.3
端線寬度 [nm]		1034	1011
側壁角度 [$^{\circ}$]		72.9	73.4

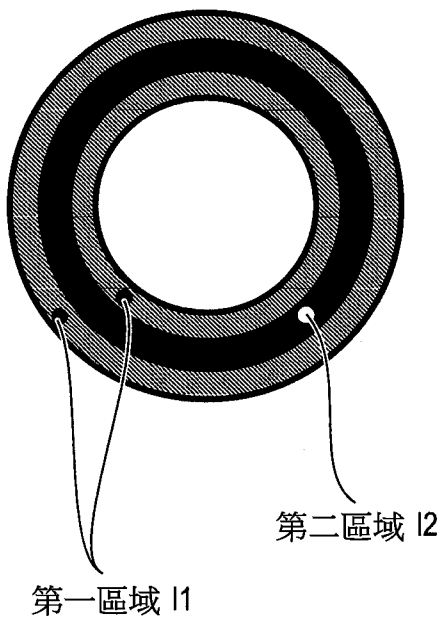
【圖 8】



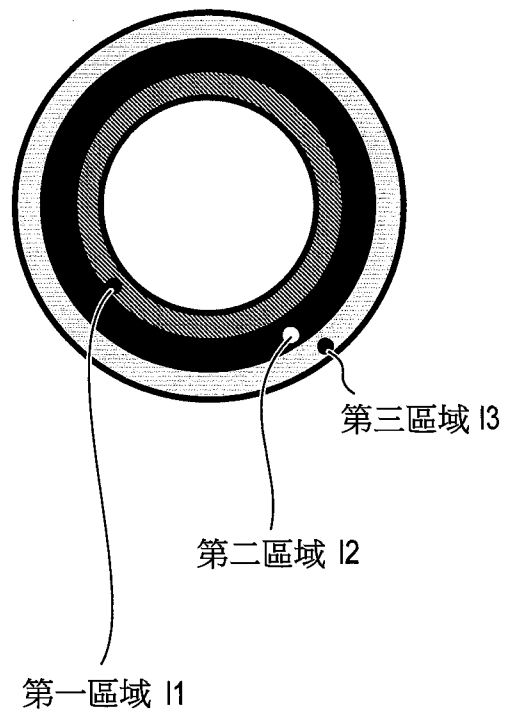
【圖 9】

		A	B	C	D
第一區域	波長 [nm]	270~350	270~350	270~350	270~350
	照明角度	內 σ 0.55 外 σ 0.70	內 σ 0.45 外 σ 0.65	內 σ 0.55 外 σ 0.70	內 σ 0.55 外 σ 0.70
第二區域	波長 [nm]	350~390	270~390	270~390	365
	照明角度	內 σ 0.70 外 σ 0.85	內 σ 0.65 外 σ 0.85	內 σ 0.70 外 σ 0.85	內 σ 0.70 外 σ 0.85

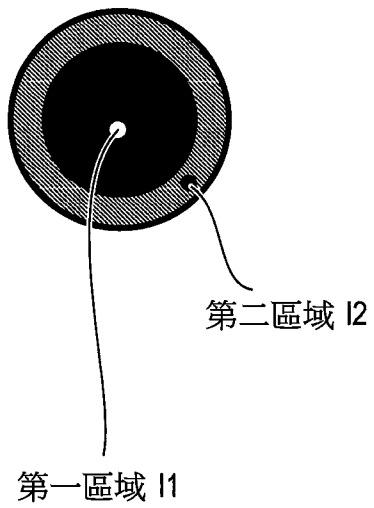
【圖 10】



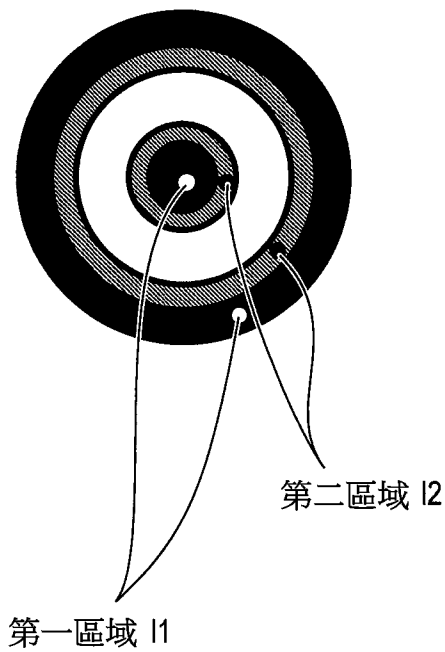
【圖 11A】



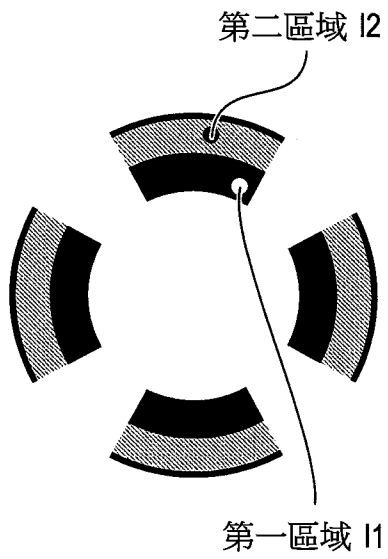
【圖 11B】



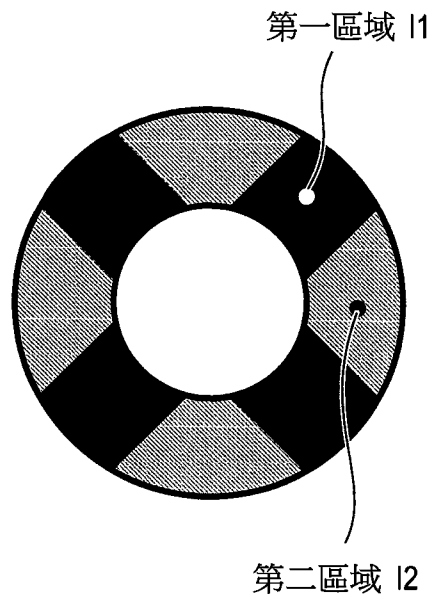
【圖 11C】



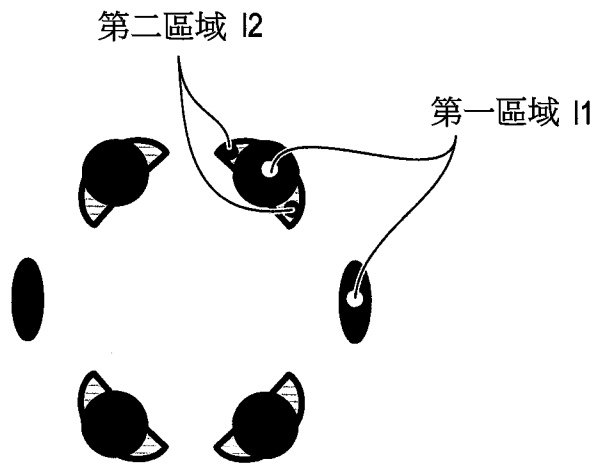
【圖 11D】



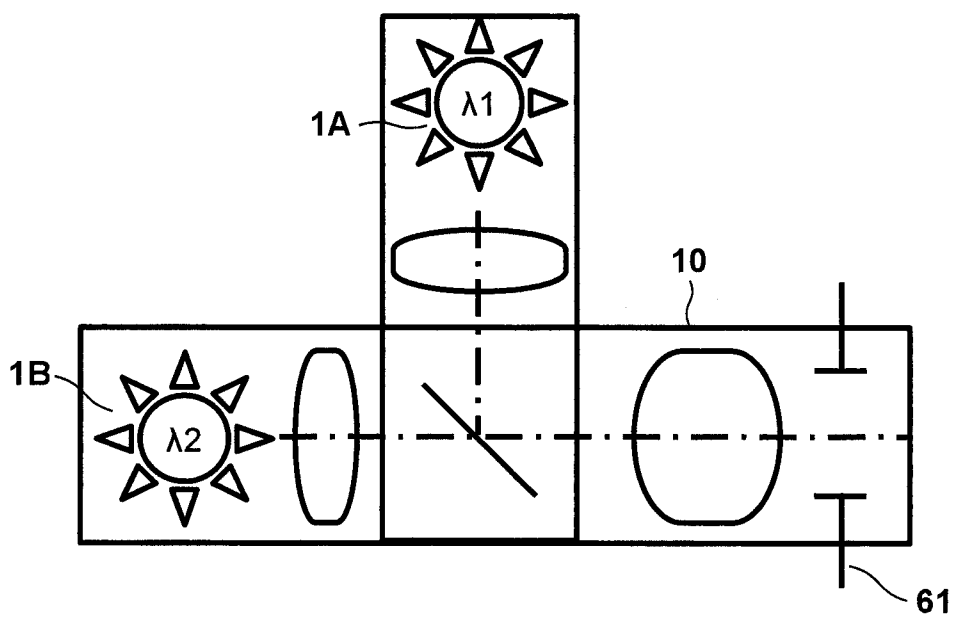
【圖 11E】



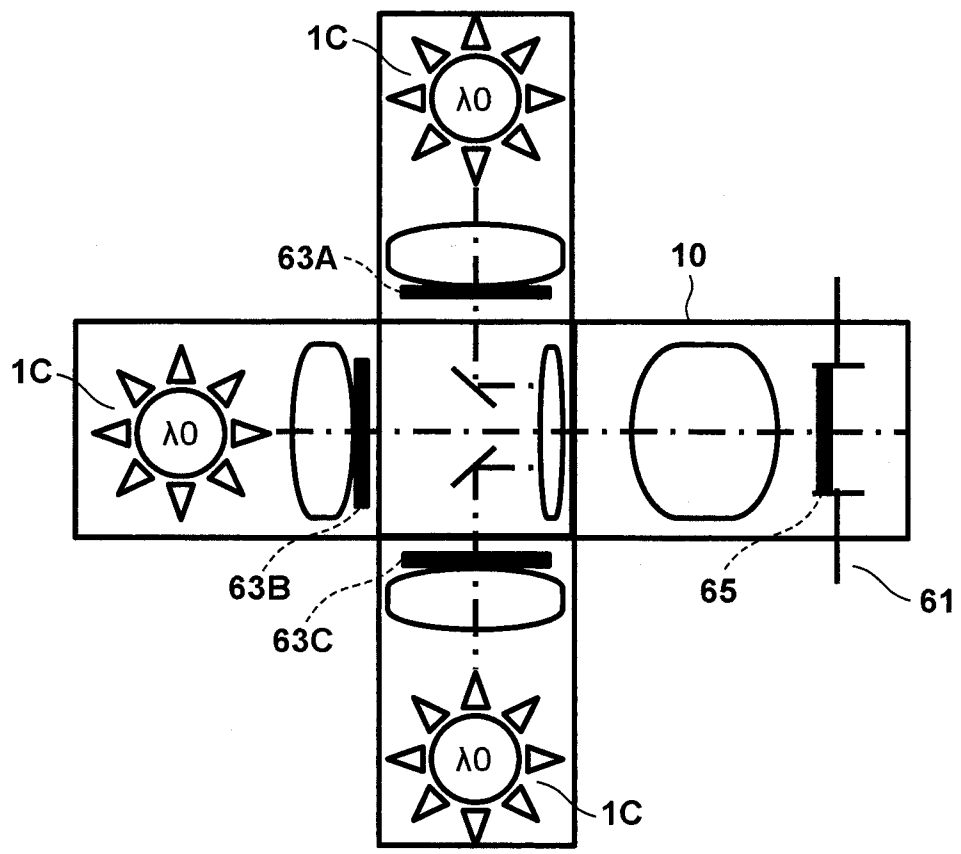
【圖 11F】



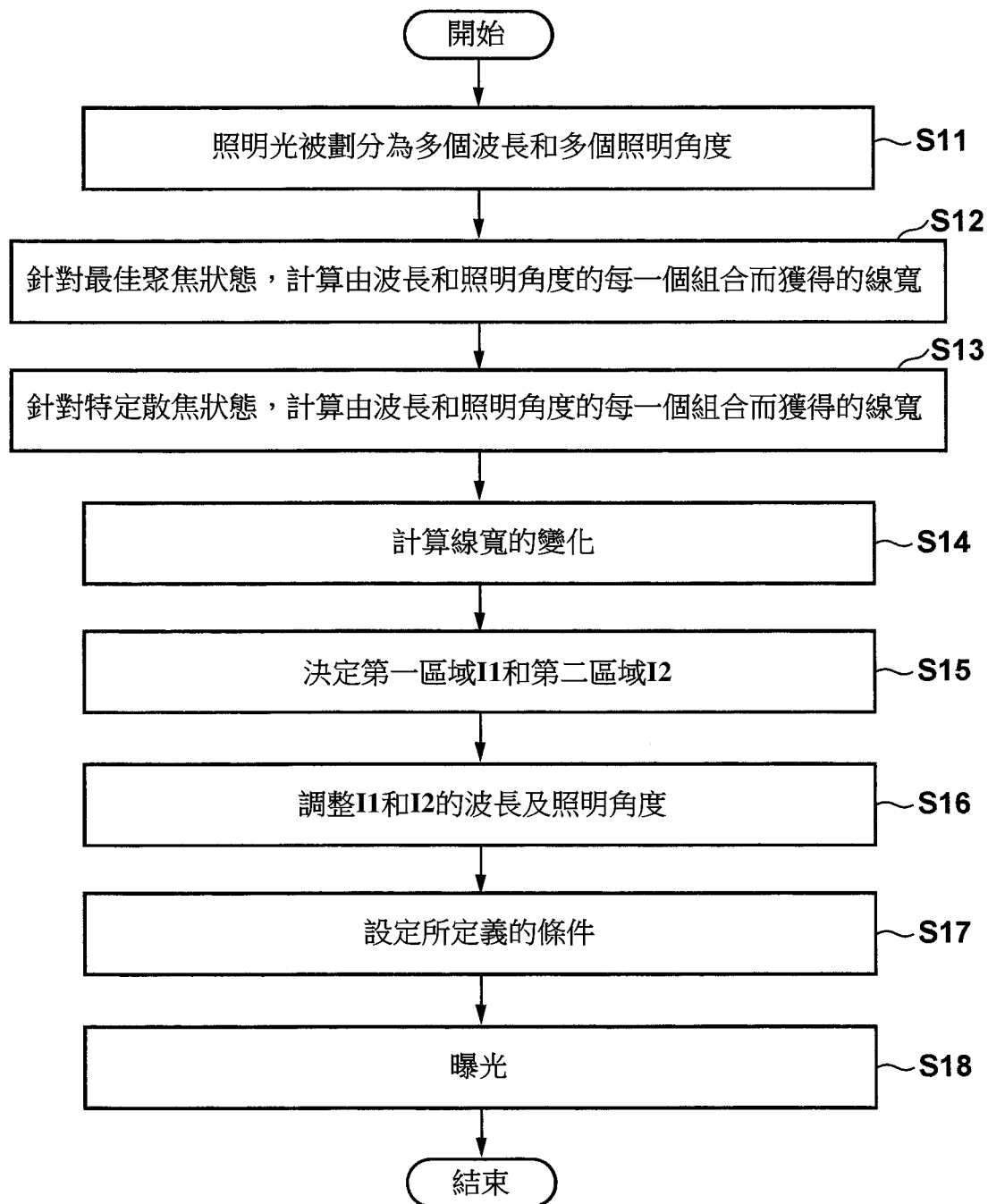
【圖 11G】



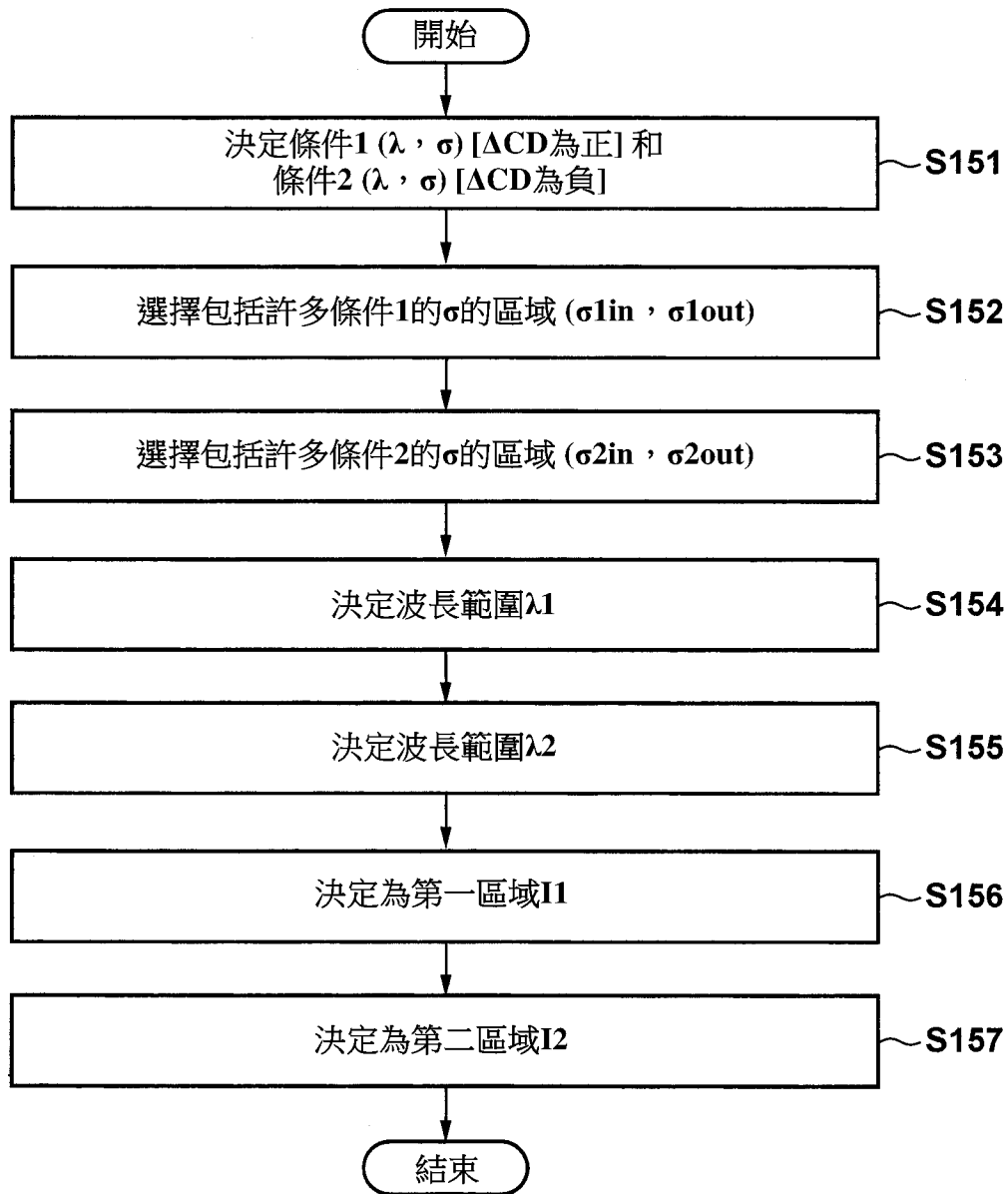
【圖 12A】



【圖 12B】



【圖 13】



【圖 14】