

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6362095号  
(P6362095)

(45) 発行日 平成30年7月25日 (2018. 7. 25)

(24) 登録日 平成30年7月6日 (2018. 7. 6)

(51) Int. Cl.

F 1

G 0 3 F 7 / 2 0 (2006. 01)

G 0 3 F 7 / 2 0 5 0 1

G 0 3 F 7 / 2 0 5 2 1

請求項の数 16 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2014-124752 (P2014-124752)  
 (22) 出願日 平成26年6月17日 (2014. 6. 17)  
 (65) 公開番号 特開2016-4921 (P2016-4921A)  
 (43) 公開日 平成28年1月12日 (2016. 1. 12)  
 審査請求日 平成29年6月14日 (2017. 6. 14)

(73) 特許権者 000001007  
 キヤノン株式会社  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 米山 義邦  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内  
 (72) 発明者 昼間 健太郎  
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ  
 ノン株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明装置、露光装置、調整方法、及び、物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被照明面を照明する照明装置であって、

ランプと、前記ランプからの光を反射する反射鏡と、前記反射鏡の外側から前記ランプの電極に接続されたケーブルと、前記反射鏡の外側から前記ランプの電極に向かって延び、前記ランプの電極を冷却するための冷却ノズルと、を含む光源部を複数有し、

前記複数の光源部からの光を重畳した光強度分布を瞳面に形成し、重畳した光で前記被照明面を照明する照明光学系を更に有し、

前記反射鏡で反射されて前記被照明面に向かう光の一部を前記ケーブル及び前記冷却ノズルが遮ることにより、前記照明光学系の瞳面における光強度分布において前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影が形成され、

前記照明光学系の瞳面における光強度分布において、前記複数の光源部のうち1つの光源部の前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置、及び、前記複数の光源部のうちその他の少なくとも1つの光源部の前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置が互いにずれていることを特徴とする照明装置。

【請求項 2】

前記複数の光源部のうち1つの光源部による前記影の位置、及び、前記複数の光源部のうちその他の少なくとも1つの光源部による前記影の位置が互いにずれた前記光強度分布を用いて、前記被照明面にあるマスクを照明することを特徴とする請求項 1 に記載の照明装置。

10

20

## 【請求項 3】

前記照明光学系の瞳面における光強度分布における複数の影の数を  $n$  とすると、前記照明光学系の瞳面を  $360^\circ / n$  の中心角で分割した  $n$  個の部分領域のそれぞれに前記影が存在することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の照明装置。

## 【請求項 4】

前記照明光学系の瞳面における光強度分布における複数の影の数を  $n$  とすると、各々の影の位置は  $180^\circ / n$  の中心角以上の間隔でずれていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 5】

前記照明光学系の瞳面における光強度分布において、それぞれの影の位置は等しい中心角間隔でずれていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れか 1 項に記載の照明装置。

10

## 【請求項 6】

前記照明光学系の瞳面における光強度分布においてそれぞれの影の位置がずれるように前記影の位置を調整する調整部を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか 1 項に記載の照明装置。

## 【請求項 7】

前記照明光学系の瞳面における光強度分布を計測する計測部と、  
前記計測部によって計測された光強度分布に基づいて、前記照明光学系の瞳面における光強度分布における影の位置を調整する調整部と、  
を更に有することを特徴とする請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の照明装置。

20

## 【請求項 8】

前記調整部は、前記計測部によって計測された光強度分布における影の位置に基づいて、前記影の位置を調整することを特徴とする請求項 7 に記載の照明装置。

## 【請求項 9】

前記調整部は、前記照明光学系の瞳面における光強度分布において互いに垂直な 2 方向における強度差が小さくなるように、前記影の位置を調整することを特徴とする請求項 7 に記載の照明装置。

## 【請求項 10】

ランプと、前記ランプからの光を反射する反射鏡と、前記反射鏡の外側から前記ランプの電極に接続されたケーブルと、前記反射鏡の外側から前記ランプの電極に向かって延び、前記ランプの電極を冷却するための冷却ノズルと、を有する光源部を複数有し、前記複数の光源部からの光を重畳した光強度分布を瞳面に形成し、重畳した光で被照明面を照明する照明光学系と、を更に有する照明装置の調整方法であって、

30

前記反射鏡で反射されて前記被照明面に向かう光の一部を前記ケーブル及び前記冷却ノズルが遮ることにより前記照明光学系の瞳面における光強度分布に形成される前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置を調整する工程を有し、

前記照明光学系の瞳面における光強度分布において、前記複数の光源部のうち 1 つの光源部の前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置、及び、前記複数の光源部のうちその他の少なくとも 1 つの光源部の前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置が互いにずれるように、前記影の位置を調整することを特徴とする調整方法。

40

## 【請求項 11】

前記照明光学系の瞳面における光強度分布を計測する工程と、  
該計測された光強度分布に基づいて前記影の位置を調整する工程と、を有することを特徴とする請求項 10 に記載の調整方法。

## 【請求項 12】

前記照明光学系は、前記被照明面にあるマスクを照明し、  
前記マスクのパターンの情報に基づいて、前記照明光学系の瞳面における光強度分布における前記影の位置を調整することを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載の調整方法。

## 【請求項 13】

50

前記マスクのパターンの方向の情報を取得する工程と、

前記調整工程において、該取得した前記マスクのパターンの方向の情報に基づいて前記影の位置を調整することを特徴とする請求項 1 2 に記載の調整方法。

【請求項 1 4】

前記マスクのパターンは周期方向が異なる複数の周期パターンを含むことを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の調整方法。

【請求項 1 5】

マスクのパターンを基板上に露光する露光装置であって、

被照明面としてのマスクを、照明光学系の瞳面に形成される複数の影を含む光強度分布を用いて照明する、請求項 1 乃至 9 の何れか 1 項に記載の照明装置と、

前記照明装置により照明された前記マスクのパターンを前記基板上に投影する投影光学系と、を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、

露光された基板を現像する工程と、

現像された基板を加工して物品を製造する工程とを有することを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、照明装置、露光装置、調整方法、及び、物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

露光装置は、半導体デバイスや液晶表示装置等の製造工程であるリソグラフィ工程において、マスク（レチクル）を照明して、投影光学系を介して感光剤（レジスト）が塗布された基板（ウエハやガラスプレート等）上にマスクのパターンを転写する装置である。

【0003】

例えば、ガラスプレートにパターンを転写する投影露光装置では、近年、マスク上のより大きな面積パターンを基板上に一括露光する露光装置が求められている。この要求に対応するために、高解像力が得られ、かつ、大画面を露光することができるステップ・アンド・スキャン方式の走査型投影露光装置が提案されている。この走査型露光装置は、マスク及び基板を移動させながら、スリットを透過した露光光によりマスクを照明し、投影光学系を介して基板上で露光光を走査することによって、基板上にマスクのパターンを転写するものである。

【0004】

特許文献 1 には、このような走査型露光装置において、生産性向上のため、マスクを照射する光のエネルギーを高くする技術が記載されている。具体的には、3つの光源部からの光束を隣接させてコリメータに入射させて、コリメータにより3つの光源部からの光束を重畳して、マスクを照明する照明光学系が記載されている。

【0005】

特許文献 2 には、光源部の楕円ミラーで集光され、マスクへ向かう光の一部が、水銀ランプの電極線や、光源部の発熱を抑えるための冷却ノズルによって遮光されてしまうことが記載されている。また、光源部の電極線と冷却ノズルによる光量損失を抑制するために、光源部の電極線と冷却ノズルを一体にまとめることが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献 1】特開 2001 - 326171 号公報

【特許文献 2】特開 2008 - 262911 号公報

【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0007】

楕円ミラーで集光され、マスクへ向かう光の一部が、光源部の電極線や冷却ノズルなどの遮光部材によって遮光されてしまうと、光源部より後段の照明光学系の瞳面における光強度分布（有効光源分布）において遮光部材の影が生じてしまう。

## 【0008】

複数の光源部を用いて基板を露光する場合、有効光源分布において、複数の光源部の遮光部材の複数の影が互いに重なって、複数の遮光部材の影ができる場所が有効光源分布の中心から特定の方向に偏ったりしてしまうと、有効光源分布が不均一になる。そのため、基板上に形成されるパターンの線幅が目標値からはずれたり、不均一になったり、パターンの解像性能が低下してしまう。また、マスクのパターンの方向によって解像性能が異なってしまう。例えば、マスクのパターンがX方向に周期的に並んだパターンと、X方向に垂直なY方向に周期的に並んだパターンとを含むマスクパターンを照明する場合を考える。この場合に、有効光源分布において遮光部材の影がX方向のみに生じていれば、基板上に投影されたパターンのX方向の線幅とY方向の線幅に差が生ずる。

10

## 【0009】

特許文献1又は2には、上記問題は記載されておらず、上記問題を解決する手段も記載されていない。

## 【0010】

そこで、複数の光源部の遮光部材の影によってマスクのパターンの解像性能が低下するのを抑えることを課題とする。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0011】

上記課題を解決する本発明の一側面としての照明装置は、被照明面を照明する照明装置であって、ランプと、前記ランプからの光を反射する反射鏡と、前記反射鏡の外側から前記ランプの電極に接続されたケーブルと、前記反射鏡の外側から前記ランプの電極に向かって延び、前記ランプの電極を冷却するための冷却ノズルと、を含む光源部を複数有し、

前記複数の光源部からの光を重畳した光強度分布を瞳面に形成し、重畳した光で前記被照明面を照明する照明光学系を更に有し、前記反射鏡で反射されて前記被照明面に向かう光の一部を前記ケーブル及び前記冷却ノズルが遮ることにより、前記照明光学系の瞳面における光強度分布において前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影が形成され、

30

前記照明光学系の瞳面における光強度分布において、前記複数の光源部のうち1つの光源部の前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置、及び、前記複数の光源部のうちその他の少なくとも1つの光源部の前記ケーブル及び前記冷却ノズルのそれぞれの影の位置が互いにずれていることを特徴とする。

## 【発明の効果】

## 【0012】

本発明によれば、複数の光源部の遮光部材の影によってマスクのパターンの解像性能が低下するのを抑えることができる。

## 【図面の簡単な説明】

40

## 【0013】

【図1】実施形態1における露光装置の概略図である。

【図2】光源部の詳細図である。

【図3】(A)図2のA-Aから矢印方向に光源部を見た矢視図である。(B)図2のA-A断面における光源部からの光束の光強度分布である。

【図4】(A)比較例における各光源部の配置を示す図である。(B)比較例における照明光学系の瞳面における光強度分布を示す図である。

【図5】(A)実施例1における各光源部の配置を示す図である。(B)実施例1における照明光学系の瞳面における光強度分布を示す図である。

【図6】(A)実施例2における各光源部の配置を示す図である。(B)実施例2にお

50

る照明光学系の瞳面における光強度分布を示す図である。

【図 7】有効光源分布における影の位置を説明するための図である。

【図 8】有効光源分布における影の位置を説明するための図である。

【図 9】(A) 光源部の遮光部材の変形例を示す図である。(B) 光源部を A-A から見た矢視図である。

【図 10】(A) 光源部の遮光部材の変形例を示す図である。(B) A-A 断面における光源部からの光束の光強度分布である。

【図 11】実施形態 2 における露光装置の概略図である。

【図 12】実施形態 2 における調整方法のフローチャートである。

【図 13】実施形態 3 における調整方法のフローチャートである。

【図 14】マスクのパターンを示す図である。

【図 15】有効光源分布を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(実施形態 1)

図 1 に露光装置の概略図を示す。露光装置は、光源装置からの光を用いて、被照明面にあるマスク(レチクル) 8 を照明し、マスク 8 のパターンを投影光学系 9 により基板(ウエハ、ガラスプレート等) 10 上に投影して露光する。

【0015】

光源装置は、複数の光源部 1A、1B、1C を有する。各光源部の詳細図を図 2 に示す。各光源部は、水銀ランプ 51 と、水銀ランプ 51 からの光を集光する楕円ミラー(凹面の反射鏡) 50 と、水銀ランプ 51 の陽極(電極) 52A に接続されたケーブル 53A と陰極(電極) 52B に接続されたケーブル 53B とを有する。水銀ランプ 51 は、陽極 52A と陰極 52B の間に超高電圧の電圧をかけることにより発光する。発光すると、水銀ランプ 51 自身が発熱するため、周囲の温度が 600 近傍になり、それ以上になると水銀ランプのバルブが破裂してしまう。特に、水銀ランプ 51 の陽極 52A(口金部)と水銀ランプ陰極 52B(口金部)の発熱が著しい。この部位の温度上昇を防ぐため、光源部には、陽極 52A を冷却するための冷却ノズル 54A および陰極 52B を冷却するための冷却ノズル 54B が設けられている。これらの冷却ノズルから冷却用圧縮空気が陽極 52A と陰極 52B に吹き付けられており、水銀ランプ 51 が所望の温度を維持できるような構造となっている。楕円ミラー 50 の第一焦点と水銀ランプ 51 の発光点は一致するように配置されており、水銀ランプ 51 からの光は楕円ミラー 50 で第二焦点 55 に集光されている。

【0016】

露光装置は、複数の光源部 1A、1B、1C からの光を用いてマスク 8 を照明する照明光学系 20 を有する。照明光学系 20 は、レンズ 11A、11B、11C、及び、ミラー 2 から結像光学系 7 を有する。光源部 1A、1B、1C からの光は、それぞれレンズ 11A、11B、11C を通過する。次に、レンズ 11A、11C を通過した光は偏向ミラー 2 で反射され、光路が折り曲げられる。その後、フーリエ変換光学系(コリメータ) 3 によって、複数の光源部からの光が合成される。具体的には、フーリエ変換光学系 3 によって、偏向ミラー 2 で反射された光と、レンズ 11B を通過した光は、ハエの目レンズ 4 に導かれる。フーリエ変換光学系 3 は、光源部 1A、1B、1C 内に配置されている楕円ミラー 50 の第二焦点位置とハエの目レンズ 4 の入射面とが互いにフーリエ共役面(フーリエ変換の関係の面)になるように配置されている。そのため、各光源部からの光はフーリエ変換光学系 3 により、ハエの目レンズ 4 の入射面においてほぼ同じ領域に入射して、各光源部からの光が重畳するようになっている。

【0017】

ハエの目レンズ 4 の射出面が照明光学系の瞳面となっており、ここでは、その瞳面における光強度分布を有効光源分布と称する。この瞳面に、各光源部からの光を重畳した光強度分布を形成している。その後、ハエの目レンズ 4 の射出面から出た光はフーリエ変換光

10

20

30

40

50

学系 5 を通過し、スリット（開口）が設けられた視野絞り 6 に入射する。視野絞り 6 とマスク 8 および基板 10 とは光学的に共役面となるよう、それぞれ結像光学系 7 および投影光学系 9 が配置されている。そのため、有効光源分布は、マスクのある 1 点に入射する光の角度分布に相当する。そして、スリットを通過した光でマスク 8 を照明し、投影光学系 9 により基板 10 上にマスク 8 のパターンを投影する。なお、複数の光源部 1 A、1 B、1 C と照明光学系 20 が、マスク（被照明面）を照明する照明装置を構成する。

#### 【0018】

図 3（A）に、図 2 の A-A から矢印方向に光源部を見た矢視図を示す。水銀ランプ 51 から発光する光は、楕円ミラー 50 で反射された後、レンズ 11 A、11 B 又は 11 C に向かうが、その途中で一部の光が冷却ノズル 54 A（遮光部材）とケーブル 53 A（遮光部材）で遮られる。そのため、有効光源分布において、冷却ノズル 54 A とケーブル 53 A の影が生じる。図 3（B）に、図 2 の A-A 断面における光束の光強度分布を示す。円形の光強度分布内において、所定の光強度の領域 60 の他に、ケーブル 53 A の影 63 と冷却ノズル 54 A の影 64 がある。そのため、有効光源分布において、ケーブル 53 A の影と冷却ノズル 54 A の影が存在し、領域 60 における光強度よりも光強度が低い部分が生じてしまう。説明を簡易的に行うため、領域 60 の光強度を 100 % とし、影 63、64 の部分の光強度を 0 % としている。なお、水銀ランプ 51 の発光点からの光が水銀ランプ 51 の陽極 52 A で遮光されて、有効光源分布の中心に陽極 52 A の影 62 ができる。ただし、陽極 52 A は水銀ランプ 51 の一部であって、水銀ランプ 51 の陽極 52 A の影と、水銀ランプ 51 からの光であって楕円ミラー 50 で反射されてマスクに向かう光を遮る遮光部材の影とは区別している。

#### 【0019】

本露光装置は、3 つの光源部 1 A、1 B、1 C を有している。それぞれ光源部には、冷却ノズル 54 A とケーブル 53 A があるため、有効光源分布において、複数の光源部の冷却ノズル 54 A とケーブル 53 A の影が生じる。

#### 【0020】

まず、比較例を説明する。図 4 に比較例を示す。図 4（A）のように、光源部 1 A、1 B、1 C からの光束の断面における光強度分布がそれぞれ 60 A、60 B、60 C となるように各光源部が配置されている。前述のように、各光強度分布 60 A、60 B、60 C には、遮光部材の影（黒色部分）が存在する。光源部 1 A、1 B、1 C からハエの目レンズ 4 までのレンズやミラーによる反転と回転を考慮すると、各光強度分布 60 A、60 B、60 C はそれぞれ、図 4（B）のように、照明光学系の瞳面において各光強度分布 61 A、61 B、61 C となる。有効光源分布は、各光強度分布 61 A、61 B、61 C が合成された光であるため、各光強度分布 61 A、61 B、61 C を足し合わせた光強度分布 100 A となる。光強度分布 100 A は、光強度が 300 % の領域 70 と、光強度が 0 % の影の領域 71 を有し、強度ムラが発生している。このような不均一な有効光源分布でマスクを照明し、基板上にマスクのパターンを露光すると、良好な解像性能（線幅、線幅均一性、フォーカス、歪みなど）を得ることができない。

#### 【0021】

次に、本実施形態の実施例を以下に説明する。

#### 【実施例 1】

#### 【0022】

図 5（A）のように、光源部 1 A、1 B、1 C からの光束の断面における光強度分布がそれぞれ 80 A、80 B、80 C となるように各光源部が配置されている。比較例と同様に、各光強度分布 80 A、80 B、80 C には、遮光部材の影（黒色部分）が存在する。しかし、本実施例では、上記比較例とは、遮光部材の影の位置が異なる。各光強度分布 80 A、80 B、80 C では、ケーブル 53 A の影と冷却ノズル 54 A の影が中心角 60 ° 隔てて存在する。光源部 1 A、1 B、1 C からハエの目レンズ 4 までのレンズやミラーによる反転と回転を考慮すると、各光強度分布 80 A、80 B、80 C はそれぞれ、図 5（B）のように、照明光学系の瞳面において各光強度分布 81 A、81 B、81 C となる。有

効光源分布は、各光強度分布 8 1 A、8 1 B、8 1 C が合成された光であるため、各光強度分布 8 1 A、8 1 B、8 1 C を足し合わせた光強度分布 1 0 0 となる。光強度分布 1 0 0 には、遮光部材の影が中心角 6 0 の等しい間隔で生じている。

#### 【 0 0 2 3 】

本実施例では、照明光学系の瞳面における該合成された光の強度分布において、複数の光源部のうち 1 つの光源部の遮光部材の影の位置が、複数の光源部のうちその他の光源部の遮光部材の影の位置に対してずれている。具体的には、有効光源分布において、光源部 1 A の遮光部材の影 8 3 A、8 4 A の位置が、光源部 1 B の遮光部材の影 8 3 B、8 4 B の位置、および、光源部 1 C の遮光部材の影 8 3 C、8 4 C の位置に対してずれている。そのため、光強度分布 1 0 0 は、光強度が 3 0 0 % の領域 8 0 と、遮光部材の影がある光強度が 2 0 0 % の領域 8 5 ( 黒色 ) を有する。このように、有効光源分布における影の位置が分散されていることによって、有効光源分布において光強度の偏りが解消し、その結果、マスクのパターンの解像性能が低下するのを抑えることができる。

#### 【 実施例 2 】

#### 【 0 0 2 4 】

図 6 ( A ) のように、光源部 1 A、1 B、1 C からの光束の断面における光強度分布がそれぞれ 9 0 A、9 0 B、9 0 C となるように各光源部が配置されている。各光強度分布 9 0 A、9 0 B、9 0 C には、遮光部材の影 ( 黒色部分 ) が存在する。実施例 1 では、各光源部の冷却ノズル 5 4 A とケーブル 5 3 A とすなわち、なす角度は 6 0 ° であつたが、本実施例では、各光源部の冷却ノズル 5 4 A とケーブル 5 3 A が対向するように、すなわち、なす角度 1 8 0 ° となるように配置されている。そのため、本実施例では、実施例 1 とは、遮光部材の影の位置が異なる。各光強度分布 9 0 A、9 0 B、9 0 C では、ケーブル 5 3 A の影と冷却ノズル 5 4 A の影が中心角 1 8 0 ° 隔てて存在する。光源部 1 A、1 B、1 C からハエの目レンズ 4 までのレンズやミラーによる反転と回転を考慮すると、各光強度分布 9 0 A、9 0 B、9 0 C はそれぞれ、図 6 ( B ) のように、照明光学系の瞳面において各光強度分布 9 1 A、9 1 B、9 1 C となる。有効光源分布は、各光強度分布 9 1 A、9 1 B、9 1 C が合成された光であるため、各光強度分布 9 1 A、9 1 B、9 1 C を足し合わせた光強度分布 2 0 0 となる。実施例 1 の光強度分布 1 0 0 と同様に、光強度分布 2 0 0 には、遮光部材の影が中心角 6 0 の等しい間隔で生じている。

#### 【 0 0 2 5 】

本実施例では、実施例 1 と同様に、照明光学系の瞳面における該合成された光の強度分布において、複数の光源部のうち 1 つの光源部の遮光部材の影の位置が、複数の光源部のうちその他の光源部の遮光部材の影の位置に対してずれている。具体的には、有効光源分布において、光源部 1 A の遮光部材の影 9 3 A、9 4 A の位置が、光源部 1 B の遮光部材の影 9 3 B、9 4 B の位置、および、光源部 1 C の遮光部材の影 9 3 C、9 4 C の位置に対してずれている。そのため、実施例 1 と同様に、有効光源分布において光強度の偏りが解消し、その結果、マスクのパターンの解像性能が低下するのを抑えることができる。

#### 【 0 0 2 6 】

実施例 1、2 では、照明装置は光源部を複数有し、光源部の数が 3、各光源部の遮光部材の数が 2 であつたが、数はこれに限らない。冷却ノズル 5 4 A やケーブル 5 3 A をそれぞれ、1 つの影を形成する遮光部材と捉え、光源部 1 つあたりの遮光部材の数を  $m$  ( 整数 )、光源部の数を  $k$  ( 整数 ) とする。有効光源分布において遮光部材の全ての影が重ならずずれている場合、影の数  $n$  は  $n = m \times k$  となる。図 7 に示すように、影の位置は  $A = 360^\circ / n$  の等しい中心角間隔でずれていることが好ましい。

#### 【 0 0 2 7 】

ただし、図 7 のように影の位置が全く等しい中心角間隔でずれている場合だけでなく、等しい中心角間隔からずれていてもよい。例えば、図 8 に示すように、照明光学系の瞳面を  $360^\circ / n$  の中心角で分割した  $n$  個の部分領域 1 1 0 A ~ 1 1 0 F に分割し、それぞれの部分領域に遮光部材の影が存在するように、各光源部の遮光部材を配置してもよい。また、有効光源分布における遮光部材の影同士の間隔が、 $360^\circ / n$  の半分、つまり

、 $180^\circ/n$ の中心角以上であると、有効光源分布において複数の影が偏らずに分散されるため好ましい。

#### 【0028】

光源部の電流方向を逆転した場合は陰極と陽極が上下反対となるため、図2において、陽極52Aの冷却ノズル54Aと陽極52Aに接続されるケーブル53Aと、陰極52Bの冷却ノズル54Bと陰極52Bに接続されるケーブル53Bは上下反対になる。その場合、冷却ノズル54Bとケーブル53Bが、楕円ミラー50で反射されてマスクに向かう光を遮る遮光部材である。

#### 【0029】

また、特許文献2のように、光源部が冷却ノズルとケーブルが一体となった部材を有しているてもよい。図9(A)に、冷却ノズルとケーブルが一体となった部材を有する光源部の図を示す。光源部は、冷却ノズル54Aの中にケーブル53Aが収容された部材56(遮光部材)を有する。光源部をAから見た矢視図を図9(B)に示す。冷却ノズルとケーブルが一体となっているため、楕円ミラー50で反射された光束の断面における光強度分布には、一体となった部材の1つの影ができる。そのため、冷却ノズルとケーブルが別体であっても影が2つできる場合よりも、光源からの光の光量損失が低くてすむ。この場合であっても、有効光源分布において、各光源部の冷却ノズルとケーブルが一体となった遮光部材の影の位置が、実施例1、2のように、それぞれの光源部の遮光部材の影の位置に対して互いにずれているように、各光源部が配置される。

#### 【0030】

また、冷却ノズルとケーブルが別体であっても、有効光源分布において冷却ノズルの影とケーブルの影が重なっているように、光源部内において冷却ノズルとケーブルを配置してもよい。例えば、図10(A)、(B)に示すように、冷却ノズル54Aの影とケーブル53Aの影とが重なって1つの影65を形成するように、冷却ノズル54Aとケーブル53Aを配置してもよい。影を形成する冷却ノズル54Aとケーブル53Aの幅は同じであることが望ましい。構造的に不可能である場合は、有効光源分布における冷却ノズル54Aの影とケーブル53Aの影との幅が同じになるように、光の進行方向における冷却ノズル54Aとケーブル53Aの相対的な位置を予め調整して配置してもよい。ここで、光の進行方向は、楕円ミラー50の第一焦点と第二焦点を結ぶ線分に平行な方向である。

#### 【0031】

##### (実施形態2)

図11に、第2の実施形態の露光装置の概略図を示す。本実施形態の露光装置は、実施形態1の露光装置とは、計測部500と調整部(制御部600と調整機構700A、700B、700C)とを有する点で異なる。実施形態1と同様の構成については説明を省略する。

#### 【0032】

本実施形態では、視野絞り6の遮光板に、有効光源分布を計測する計測部500が設けられている。計測部500は、視野絞り6の遮光板に設けられたピンホール(開口)を通過した光を2次元の撮像素子(CCDなど)で計測する。撮像素子上には、ピンホールに入射する光の角度分布(入射角毎の光線強度)に応じて、光強度分布が形成される。したがって、撮像素子で計測された光強度分布が有効光源分布に相当する。また、本実施形態の照明装置は、制御部600と、光源部1A、1B、1Cの角度や位置の配置を調整する調整機構700A、700B、700Cとを有する。各調整機構は制御部600の制御指令に基づいて駆動される。

#### 【0033】

次に、照明装置の調整方法について説明する。図12に調整方法のフローチャートを示す。まず、S102で、計測部500を用いて有効光源分布を計測する。次に、S104で、制御部600は、計測部500により計測された有効光源分布を評価する。制御部600は、計測部500による有効光源分布の計測結果のデータを取得し、そのデータをもとに、例えば、有効光源分布において光強度が低い部分、つまり、光源部の遮光部材の影

の位置を特定する。

#### 【 0 0 3 4 】

次に、S 1 0 6 で、S 1 0 4 での評価結果に基づいて光源部の遮光部材の配置を調整する。例えば、S 1 0 4 で、有効光源分布内で光源部の遮光部材の複数の影が重なっていると評価された場合には、重なっている影に対応する遮光部材を有する光源部の楕円ミラーの長軸周りの回転角度や遮光部材の位置などの配置を調整する。具体的には、制御部 6 0 0 による評価結果、光源部 1 A の遮光部材の影と光源部 1 B の遮光部材の影とが重なっていると特定した場合には、光源部 1 A の遮光部材の配置を光源部 1 B の遮光部材の配置に対して相対的に調整する。例えば、制御部 6 0 0 は、光源部 1 A の遮光部材の影の位置と光源部 1 B の遮光部材の影の位置がずれるように調整機構 7 0 0 A に指令を送り、調整機構 7 0 0 A が光源部 1 A の楕円ミラーの長軸周りの回転角度を調整する。または、光源部 1 A 内における遮光部材の取り付け位置を変更してもよい。

10

#### 【 0 0 3 5 】

また、S 1 0 4 の評価において、有効光源分布内の互いに垂直な 2 方向のそれぞれに沿って、各位置における光強度を積算して積算強度値を算出する。そして、S 1 0 6 において、その積算強度値に基づいて、有効光源分布内の互いに垂直な 2 方向における強度差が小さくなるように、各光源部の配置を調整してもよい。または、S 1 0 4 の評価において、有効光源分布内の分割された部分領域ごとに、光強度の合計値を算出し、各部分領域における光強度分布のばらつき具合を算出し、S 1 0 6 において、そのばらつき具合に基づいて、各光源部の配置を調整してもよい。

20

#### 【 0 0 3 6 】

次に、S 1 0 8 で、調整された有効光源分布を用いて露光処理を行う。露光処理は、マスク 8 を照明し、投影光学系 9 を介してマスク 8 のパターンを基板 1 0 上に投影することにより行う。

#### 【 0 0 3 7 】

この調整方法は、露光装置上で定期的に行ってもよいし、装置の出荷前の校正として行ってもよい。本実施形態によれば、有効光源分布を計測して高精度に調整が行えることから、有効光源分布において光強度の偏りが解消し、その結果、複数の光源部の遮光部材の影によってマスクのパターンの解像性能が低下するのを、より確実に抑えることができる。

30

#### 【 0 0 3 8 】

(実施形態 3)

本実施形態における露光装置の構成は実施形態 2 と同様であるため、説明を省略する。なお、本実施形態では、調整方法において実施形態 2 と異なる。図 1 3 に、実施形態 3 における調整方法のフローチャートを示す。

#### 【 0 0 3 9 】

まず、S 2 0 2 で、露光装置の制御部 6 0 0 は、マスク 8 のパターンの情報を取得する。マスク 8 のパターンの情報は、ユーザーによって入力装置から入力されてもよいし、外部の装置から自動で入力されてもよい。次に、S 2 0 4 で、制御部 6 0 0 は、マスク 8 のパターンの情報から、マスク 8 に含まれる少なくとも 1 つのパターンの方向を特定する。図 1 4 ( A )、( B ) に、マスク 8 のパターンの例を示す。図 1 4 ( A ) のマスクは、x 方向に周期的に並んだ y 方向に長いラインパターン P 1 1、P 1 3 と、y 方向に周期的に並んだ x 方向に長いラインを有するラインパターン P 1 2、P 1 4 と、を含む。図 1 4 ( B ) のマスクは、x 方向、y 方向から斜め 4 5 ° 傾いた方向に周期的に並んだパターン P 2 1 ~ P 2 4 を含む。これらのマスクのパターンの方向として、周期方向またはパターンの長手方向を特定する。

40

#### 【 0 0 4 0 】

次に、S 2 0 6 で、特定した方向の情報に基づいて光源部の遮光部材の配置を調整する。図 1 4 ( A ) のマスクのように、x 又は y 方向に周期的に並んだパターンがある場合には、投影光学系 9 にはマスクから x 方向又は y 方向に回折光が生じて、これらの回折光が

50

基板 10 面上で結像する。そのため、図 15 (B) に示す有効光源分布よりも、図 15 (A) に示すように、x 方向又は y 方向に延びる遮光部材の影がある有効光源分布を用いてマスクを照明した方がよい。なお、図 15 (A)、(B) に示す有効光源分布内の黒帯部分が光源部の遮光部材の影である。一方、図 14 (B) のマスクのように、斜め方向に周期的に並んだパターンがある場合には、投影光学系 9 にはマスクから斜め方向に回折光が生じて、これらの回折光が基板 10 面上で結像する。そのため、図 15 (A) に示す有効光源分布よりも、図 15 (B) に示すように、斜め方向に延びる遮光部材の影がある有効光源分布を用いてマスクを照明した方がよい。有効光源分布において光強度や影が偏ると、回折光の結像性能が回折光の生じる方向により異なり、基板上での解像性能に差が生ずるのが原因である。周期方向が異なる複数の周期パターンを有するマスクにおいて、良好な解像性能を得るためには、複数の周期パターン間で周期方向（つまり、回折光の生ずる方向）が異なっている回折光の結像性能があまり変わらないような有効光源分布で照明することが望ましい。

10

#### 【0041】

光源部の遮光部材の配置の調整は、例えば、調整機構により、光源部 1A、1B、1C の取り付け位置および取り付け角度の調整を行い、マスクのパターンに応じて、有利な解像性能を示す有効光源分布における光源部の遮光部材の影の位置を変える。例えば、図 14 (A) のマスクのパターンの場合には、図 15 (A) に示す有効光源分布となるように光源部の遮光部材の配置を調整し、図 14 (B) のマスクのパターンの場合には、図 15 (B) に示す有効光源分布となるように光源部の遮光部材の配置を調整する。また、光源部 1A、1B、1C の調整の確認のために、実施形態 2 における有効光源分布の計測および有効光源分布の調整を併せて行ってもよい。

20

#### 【0042】

本実施形態では、マスクが互いに周期方向が異なる 2 種のパターンを備える場合について調整を行ったが、様々なパターンにおいても適用可能である。

#### 【0043】

本実施形態によれば、有効光源分布において光源部の遮光部材の影が生じている場合であっても、マスクのパターンに適当な有効光源分布を用いることにより、マスクのパターンの解像性能が低下するのを抑えることができる。

#### 【0044】

なお、上記実施形態では、光源を水銀ランプ 51 としたが、光源の種類はこれに限らない。また、反射鏡としては、楕円ミラーに限らず、放物面鏡や、平面鏡を並べたミラーでもよい。また、有効光源分布の形状にも限定はなく、輪帯照明や多重極照明など様々な照明も適用可能である。また、露光装置は、マスクを保持するステージ及び基板を保持するステージを移動しながら露光する走査型露光装置でも、マスクのパターンを一括して基板を露光するステッパでも適用可能である。

30

#### 【0045】

また、上記実施形態の照明装置は、露光装置以外にも適用できる。例えば、液晶プロジェクターの照明装置にも適用できる。

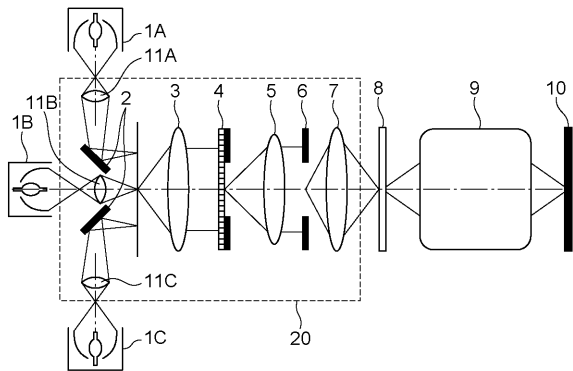
#### 【0046】

##### (実施形態 4)

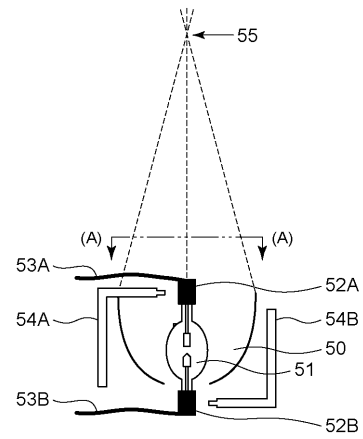
次に、前述の露光装置を利用した物品（半導体 IC 素子、液晶表示デバイス、カラーパネル等）の製造方法を説明する。物品は、前述の露光装置を使用して、感光剤が塗布された基板（ウェハ、ガラス基板等）を露光する工程と、その基板（感光剤）を現像する工程と、他の周知の工程と、を経ることにより製造される。他の周知の工程には、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等の加工が含まれる。本物品製造方法によれば、従来よりも高品位の物品を製造することができる。

40

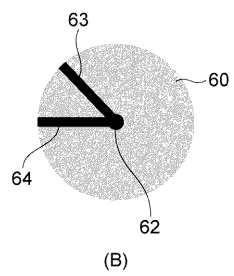
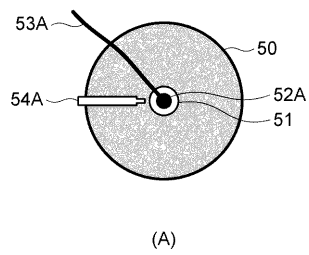
【図 1】



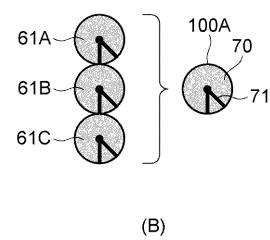
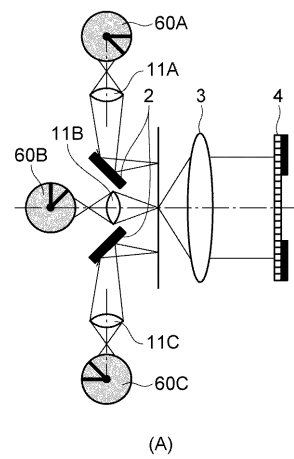
【図 2】



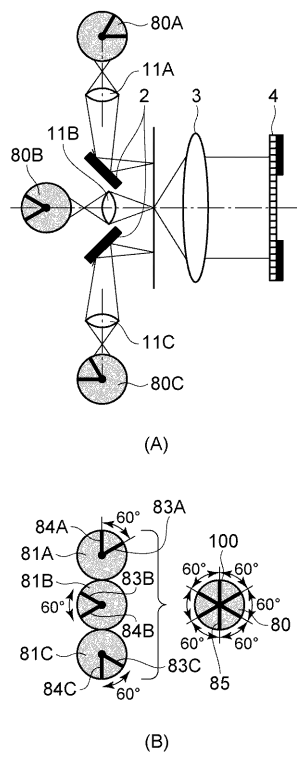
【図 3】



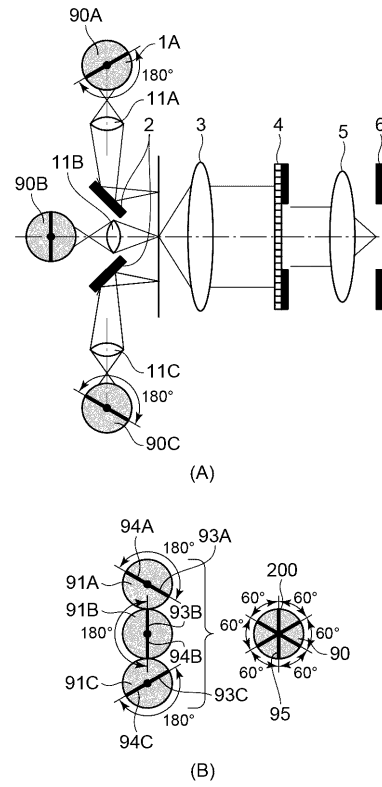
【図 4】



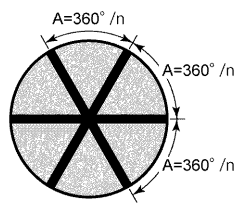
【図 5】



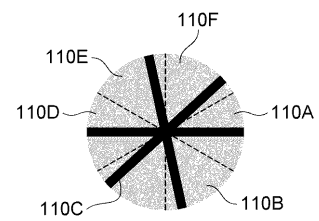
【図 6】



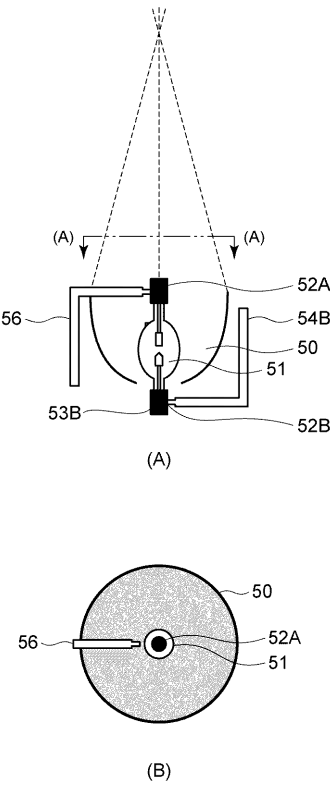
【図 7】



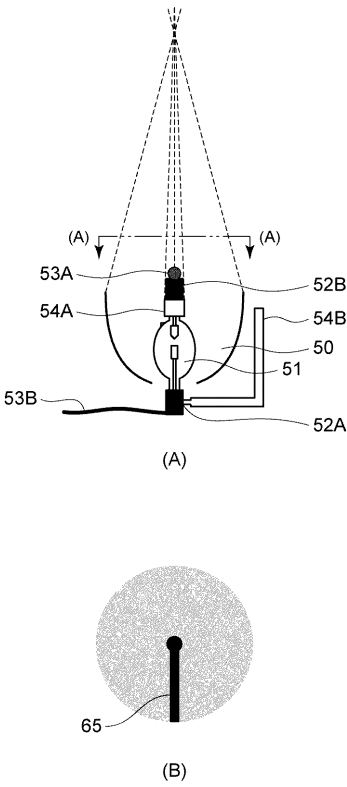
【図 8】



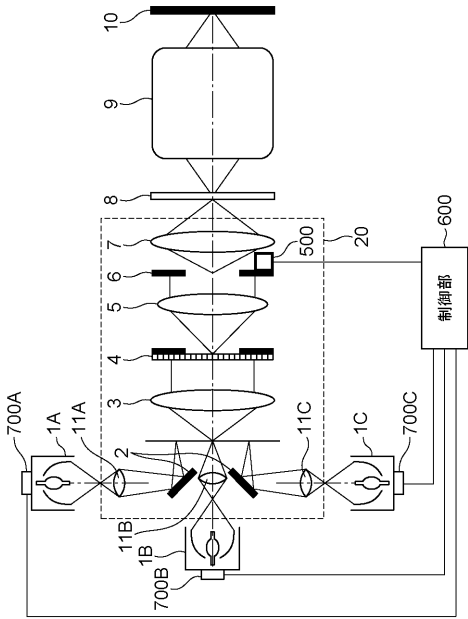
【図 9】



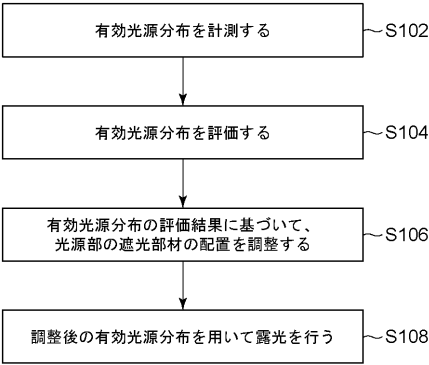
【図 10】



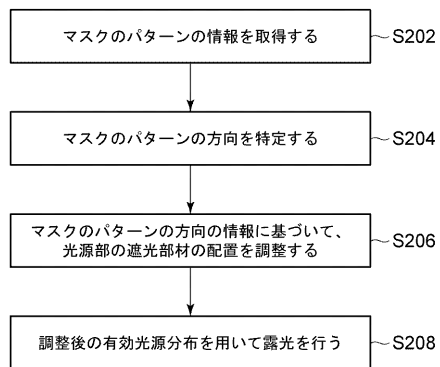
【図 11】



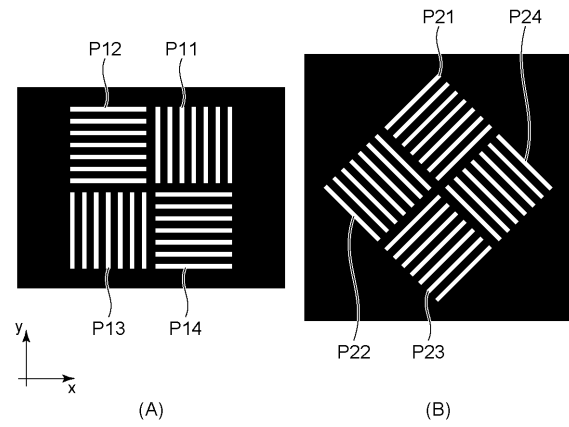
【図 12】



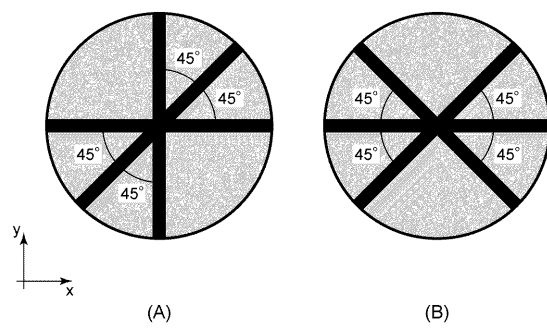
【図 13】



【図 14】



【図 15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 大阪 昇  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号キャノン株式会社内

審査官 長谷 潮

(56)参考文献 特開2005-292316(JP,A)  
特開平04-329623(JP,A)  
特開2001-326171(JP,A)  
特開2008-262911(JP,A)  
特開2010-251431(JP,A)  
特開平04-267515(JP,A)  
特開2004-079254(JP,A)  
特開2000-098099(JP,A)  
特開2000-075496(JP,A)  
特開2004-071782(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20 - 7/24, 9/00 - 9/02