

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2004年10月21日 (21.10.2004)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2004/090952 A1

(51) 国際特許分類: H01L 21/027, G03F 7/20

(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/004522

(22) 国際出願日: 2004年3月30日 (30.03.2004)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
 特願2003-105920 2003年4月9日 (09.04.2003) JP
 特願2003-299628 2003年8月25日 (25.08.2003) JP
 特願2003-307806 2003年8月29日 (29.08.2003) JP
 特願2003-329194 2003年9月19日 (19.09.2003) JP
 特願2003-329309 2003年9月22日 (22.09.2003) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 工藤 威人 (KUDO,

Takehito) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン 知的財産部内 Tokyo (JP). 蛭川 茂 (HIRUKAWA, Shigeru) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン 知的財産部内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 大森 聡 (OMORI, Satoshi); 〒2140014 神奈川県川崎市多摩区登戸2075番2-501 Kanagawa (JP).

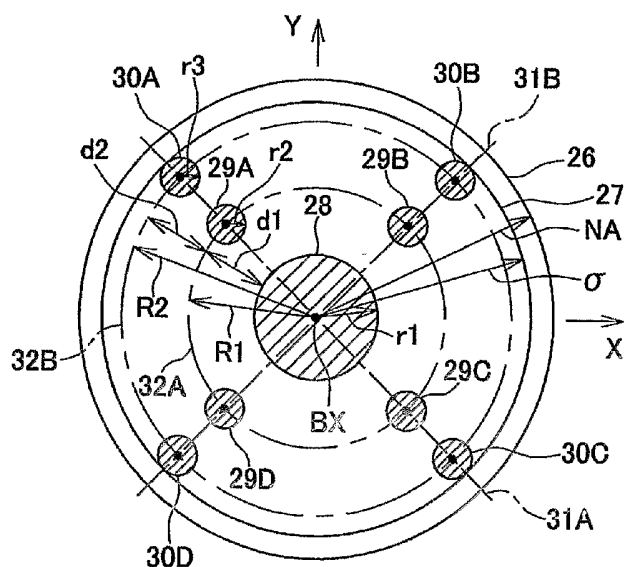
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,

[続葉有]

(54) Title: EXPOSURE METHOD AND APPARATUS, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法



(57) Abstract: An exposure method and apparatus for simultaneously transferring patterns with various pitches with high resolution. On the pupil surface of an illumination optical system, nine areas are set. The nine areas are a first area (28) including the optical axis (BX), four second areas (29A to 29D) each smaller than the first area and arranged along a first circumference (32A) surrounding the first area (28), and four third areas (30A to 30D) each smaller than the first area and arranged along a second circumference (32B) surrounding the first circumference (32A) and arranged along a second circumference. The distribution of intensity of light over the pupil surface is so set that the intensities of light over the nine areas are approximately equal to one another, and the intensity of light over the other area is smaller than those over the nine areas. This distribution of intensity of light is set using a diffraction optical element or a diaphragm.

(57) 要約: 種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度で転写できる露光方法及び装置である。照明光学系の瞳面上での光量分布を、光軸 (BX) を含む第1領域 (28) と、この

第1領域 (28) を囲む第1円周 (32A) に沿って配置されてそれぞれその第1領域よりも小さい4個の第2領域 (29A~29D) と、その第1円周 (32A) を囲む第2円周 (32B) に沿って配置されてそれぞれその第1領域よりも小さい4個の第3領域 (30A~30D) とからなる9個の領域でほぼ一定光量となり、それ以外の領域でそれより小さくなるように設定する。この光量分布は、回折光学素子又は開口絞り等によって設定する。



KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

— 請求の範囲の補正の期限前の公開であり、補正書受領の際には再公開される。

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各*PCT*ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法

5 技術分野

本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、又は薄膜磁気ヘッド等の各種デバイスを製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンをウエハ等の基板上に転写するために使用される露光技術に関し、更に詳しくは所謂変形照明に関連した照明技術を用いる露光技術に関する。更に本発明は、その露光技術を用いるデバイス製造技術に関する。

背景技術

半導体素子（又は液晶表示素子等）を製造するためのリソグラフィ工程で、マスクとしてのレチクル（又はフォトマスク等）のパターンを被露光基板としてのウエハ（又はガラスプレート等）上に転写するために、ステップ・アンド・リピート方式のような一括露光方式、又はステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光方式の投影露光装置が使用されている。この種の投影露光装置では、様々のパターンをそれぞれ高解像度でウエハ上に転写することが求められている。

転写対象のパターンの内、特に微細で高い解像度が必要とされるパターンが所謂コンタクトホールである。コンタクトホールには、所定形状の複数の開口が所定の微細なピッチで配列された密集コンタクトホールと、実質的に単独の開口からなる孤立コンタクトホールとがある。前者の密集コンタクトホールのパターンを高解像度でウエハ上に転写するためには、照明系の瞳面において、光軸に対して偏心した1つ又は複数の領域（特に4個の領域）で照明光の光量を大きくする所謂変形照明方式（変形光源方式）が有効である（例えば、日本国の特開平5-67558号公報（対応する米国特許第6,094,305号）及び特開2001-176766号公報（対応する米国特許第6,563,567号）参照）。

一方、後者の孤立コンタクトホールのパターンを高解像度でウエハ上に転写するためには、照明系の瞳面において、光軸を中心とする1つの比較的小さい円形

領域で照明光の光量を大きくする照明方式、即ち照明系のコヒーレンスファクタである σ 値を比較的小さくする照明方式（以下、説明の便宜上、「小 σ 照明方式」と呼ぶ。）が有効であることが知られている。

5 発明の開示

上述の如く、微細ピッチの密集コンタクトホール及び孤立コンタクトホールのパターンは、それぞれ変形照明方式及び小 σ 照明方式によって高解像度でウエハ上に転写することができる。これに関して、最近、例えば半導体素子の製造に際しては、実質的に孤立コンタクトホールとみなすことができる大きいピッチで配
10 列されたコンタクトホールから微細ピッチの密集コンタクトホールまでを含む種々のピッチのコンタクトホールのパターンが形成された1枚のレチクルパターンを、1回の露光でウエハ上に転写することも要求されるようになって来ている。

しかしながら、このために変形照明方式を用いた場合には、大きいピッチのコンタクトホールの解像度が十分ではなく、逆に小 σ 照明方式を用いた場合には、
15 微細ピッチの密集コンタクトホールの解像度が十分ではないという不都合が生じる。

また、最近、例えば半導体素子の製造に際しては、一方向に微細ピッチで配置されると共にそれに直交する方向には実質的に孤立パターンとみなすことができるいわゆる一方向密集コンタクトホールのパターンを、ウエハ上に高解像度で転
20 写することも要求されるようになって来ている。

しかしながら、このために従来の変形照明方式を用いた場合には、孤立パターンとみなすことができる方向の解像度が十分ではなく、逆に小 σ 照明方式を用いた場合には、微細ピッチで配列された方向の解像度が十分ではないという不都合が生じる。

25 本発明は斯かる点に鑑み、種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度で転写できる露光技術を提供することを第1の目的とする。

また、本発明は、一方向に周期的に配列されて、それに直交する方向には実質的に孤立的であるパターン（一方向密集パターン）を高解像度で転写できる露光技術を提供することを第2の目的とする。

また、本発明は、その露光技術を用いて、種々のパターンを含むデバイス、又は一方向密集パターンを含むデバイスを高精度且つ高スループットで製造できるデバイス製造技術を提供することを第3の目的とする。

5 本発明による第1の露光方法は、照明系(12)からの光束でマスク(R)を照明し、その光束でそのマスク及び投影系(PL)を介して基板(W)を露光する露光方法において、その照明系に関する所定面(Q1; Q3)におけるその光束の光量分布を、外側の輪郭がその照明系の光軸(BX)を含む第1領域(28; 28R)と、この第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれその第1領域より小さい8個の領域(29A~29D, 30A~30D)とを含む9個の
10 領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定したものである。

斯かる本発明によれば、その第1領域を通過する光束によって、ピッチが大きく実質的に孤立コンタクトホールとみなせるようなパターンが高解像度に転写され、それを囲む8個の領域を通過する光束によって、中程度のピッチのパターン
15 から密集コンタクトホールのような微細なピッチのパターンを含むパターンが高解像度に転写される。従って、種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度に転写できる。

この場合、その中心の第1領域は、輪帯状の領域(28R)であることが望ましい。このように第1領域で輪帯照明を行うことによって、解像度及び焦点深度
20 を更に改善できる場合がある。また、その中心の第1領域と、それを囲む周辺の領域とで光量(例えば単位面積当たりの強度)を異ならせてもよい。

また、一例として、その所定面は、その照明系の瞳面(Q1)であり、その所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい9個の領域は、その第1領域(28)と、この第1領域を囲む第1円周(32A)に沿って配置されてそれぞれその第1領域より小さい4個の第2領域(29A~29D)と、
25 その第1円周を囲む第2円周(32B)に沿って配置されてそれぞれその第1領域より小さい4個の第3領域(30A~30D)とからなるものである。

この構成によれば、その第2領域を通過する光束によって中程度のピッチのパターンが高解像度に転写され、その第3領域を通過する光束によって微細なピッチ

のパターンが高解像度に転写される。

また、その第1領域(28)、2個のその第2領域(29A, 29C)、及び
2個のその第3領域(30A, 30C)がその照明系の光軸(BX)を通る第1
直線(31A)に沿って配置され、その第1領域、他の2個のその第2領域(2
9B, 29D)、及び他の2個のその第3領域(30B, 30D)がその照明系
の光軸を通りその第1直線に直交する第2直線(31B)に沿って配置されるこ
とが望ましい。

通常、転写対象のパターンは、直交する2方向(この一方を「パターンの配置
方向」と呼ぶ)に沿って2次元的に配置されている。そこで、その第1直線(又
はその第2直線)の方向をそのパターンの配置方向に対して交差させる(望まし
くは45°で交差させる)ことによって、その2次元的に配置された種々のピッ
チのパターンをそれぞれ高解像に転写することができる。

また、その第1領域を円形にしたときの半径(r_1)、並びにその第2領域及
びその第3領域を円形にしたときの半径(r_2 , r_3)は、その照明系の最大 σ
値(これを σ とする)を基準として次の範囲に設定されることが望ましい。なお、
その第1領域、第2領域、第3領域を正方形、正六角形、又は円形の4分の1の
形状など、円形と異なる他の形状に設定した場合にも、その面積はその円形の場合の面積と等しいことが望ましい。なお、その第1領域が輪帯である場合には、その外側の半径(r_1)が(1)式の範囲に設定されることが望ましい。

$$0.2\sigma \leq r_1 \leq 0.4\sigma \quad \cdots (1)$$

$$0.75\sigma \leq r_2 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (2)$$

$$0.75\sigma \leq r_3 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (3)$$

各領域が(1)式、(2)式、(3)式の下限值より小さくなると、種々のピ
ッチのパターンの中に解像度が低下するものが生じる恐れがある。一方、各領域
が(1)式、(2)式、(3)式の上限值より大きくなると、通常の照明方式に
近づくため、微細なピッチのパターンに対する解像度が低下する恐れがある。

次に、本発明による第2の露光方法は、照明系(12)からの光束でマスク
(R)を照明し、その光束でそのマスク及び投影系(PL)を介して基板(W)
を露光する露光方法において、その照明系に関する所定面(Q1; Q3)におけ

るその光束の光量分布を、外側の輪郭がその照明系の光軸（B X）を含む輪帯状の第1領域（3 3 R）と、この第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれその第1領域よりも小さい4個の領域（3 4 A～3 4 D）とを含む5個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定したものである。

斯かる本発明によれば、その輪帯状の第1領域を通過する光束によって、ピッチが大きく実質的に孤立コンタクトホールとみなせるようなパターンが高解像度に転写され、それを囲む4個の領域を通過する光束によって、密集コンタクトホールのような微細ピッチのパターンが高解像度に転写される。従って、種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度に転写できる。

また、一例として、その所定面は、その照明系の瞳面（Q 1）であり、その所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい5個の領域は、その第1領域（3 3 R）と、この第1領域を囲む円周（3 5）に沿って実質的に90°間隔で配置されてそれぞれその第1領域よりも小さい4個の第2領域（3 4 A～3 4 D）とからなるものである。

この構成によれば、その第2領域を通過する光束によって微細ピッチのパターンが高解像度に転写される。通常の転写対象のパターンは、直交する2方向（この一方を「パターンの配置方向」と呼ぶ）に沿って2次元的に配置されている。そこで、その第2領域が配列されている方向をそのパターンの配置方向に対して交差させる（望ましくは45°で交差させる）ことによって、その2次元的に配置された種々のピッチのパターンをそれぞれ高解像に転写することができる。

また、その第1領域を輪郭が円形の輪帯にしたときの外側の半径（ r_1 ）、並びにその第2領域を円形にしたときの半径（ r_2 ）は、その照明系の最大 σ 値（これを σ とする）を基準として、上記の（1）式及び（2）式の範囲内に設定されることが望ましい。これによって、種々のピッチのパターンを高解像度で転写できる。

これらの本発明において、その所定面上でその照明系の光軸外に配置されるその光量が大きい各領域から発生する光束は直線偏光であってもよい。この場合、その所定面上におけるその光束の偏光方向は実質的に接線方向と一致していても

よい（即ち、その光束はS偏光でもよい）。

次に、本発明による第3の露光方法は、照明系（12）からの光束でマスク（R1）を照明し、その光束でそのマスク及び投影系（PL）を介して基板（W）を露光する露光方法において、その照明系に関する所定面（Q1；Q3）
5 におけるその光束の光量分布を、互いに離れた3個の領域（54，55A，55B；62，63A，63B）における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定したものである。

斯かる本発明によれば、そのマスクに一方向密集パターン（52，53）が形成されている場合、その3個の領域の中央の領域を通過する光束によって、その
10 パターンが孤立的である方向に高解像度に転写され、その中央の領域を挟む2個の領域を通過する光束によって、そのパターンが周期的に配列されている方向に高解像度に転写される。

この場合、その光量の大きい3個の領域は、その照明系の光軸の近傍の第1領域（54；62）と、その光軸を通る直線に沿ってその第1領域を挟むように配置された第2領域（55A；63A）及び第3領域（55B；63B）とを含む
15 ことが望ましい。又は、その光量の大きい3個の領域は、その照明系の光軸近傍の第1領域（54；62）と、その光軸からほぼ等距離に配置される第2及び第3領域（55A，55B；63A，63B）とを含むものでもよい。

これらの構成において、その3個の領域が配列されている方向をその一方向密集パターンが周期的に配列されている方向に対応させる（平行にする）ことによ
20 って、その一方向密集パターンを孤立的な方向及び周期的な方向の2方向に高解像度で転写することができる。

言い換えると、そのマスクに形成されたパターンが、所定の第1軸（X軸）に沿って周期的に配置されると共にその第1軸に直交する第2軸（Y軸）方向には
25 実質的に孤立している一方向密集パターン（52，53）を含む場合、その光量の大きい3個の領域は、その第1軸に平行な方向に離れて配置されることが望ましい。これによって、その一方向密集パターンをその第1軸及び第2軸に沿った方向にそれぞれ高解像度で転写することができる。更に、その光量の大きい3個の領域は、その照明系の光軸を通りその第1軸に平行な直線に沿って配置される

ことがより望ましい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域は、その中央部における光量が他の部分における光量よりも小さく設定されることが望ましい。これによって、そのパターンが孤立的である方向の解像度を高めることができ、焦点深度も広くなる。

この場合、その中央の領域は、一例としてほぼ輪帯状の領域（5 4）である。また、その中央の領域は、別の例として互いに離れた複数の領域（5 4 A 1, 5 4 A 2）からなるものである。その中央の領域で互いに離れた複数の領域は、一例としてその所定面上でその照明系の光軸を通る所定の直線に沿って配置される。そして、その中央の領域で互いに離れた複数の領域は、別の例としてその中央の領域の大きさに応じてその配列方向が決定される。

また、その3個の領域は、一例として輪郭が互いにほぼ同じ大きさの領域である。更に、その光量の大きい3個の領域の大きさは、それぞれその照明系の最大 σ 値の0.1倍から0.2倍に相当するものであることが望ましい。これによって、本発明者のシミュレーションによれば深い焦点深度が得られる。

また、その光量の大きい3個の領域のうちその第1軸に平行な方向に関して両端に配置される2個の領域（6 3 A, 6 3 B）は、それぞれ長手方向がその第2軸に平行な方向とほぼ一致している形状でもよい。これによって、一方向密集パターンに対する解像度を高めると共に、光量の低下を抑制できる。

更に、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域（6 2 A）は、長手方向がその第1軸に平行な方向とほぼ一致する形状でもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域から発生する光束は、偏光方向がその第2軸に平行な方向とほぼ一致する直線偏光であってもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域から発生する光束と他の2個の領域から発生する光束とは、互いに偏光状態が異なってもよい。この場合、その中央の領域（6 2 A）から発生する光束とその2個の領域（6 3 A, 6 3 B）から発生する光束とは、偏光方向がほぼ直交している。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域と他の2個の領域とは、互いに大きさが異なってもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域から発生する光束は、それぞれ直線偏光であってもよい。この場合、一例として、その所定面上でその他の2個の領域に分布する光束はそれぞれ偏光方向が接線方向とほぼ一致している（即ち、その光束はS偏光である）。

5 また、その所定面は、一例としてその照明系の瞳面である。そして、その所定面の他の例は、その照明系中のその瞳面に対する共役面、又は投影系の瞳面（若しくはこの共役面）である。これらの場合に、最も高い解像度が得られる。

次に、本発明による第1の露光装置は、光束でマスク（R）を照明する照明系（12）と、そのマスクからのその光束で基板（W）を露光する投影系（PL）とを有する露光装置において、その照明系に関する所定面（Q1；Q3）におけるその光束の光量分布を、外側の輪郭がその照明系の光軸（BX）を含む第1領域（28；28R）と、この第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれその第1領域よりも小さい8個の領域（29A～29D，30A～30D）とを含む9個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材（21；42）を有するものである。

15 斯かる本発明によれば、その光学部材によって、種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度に転写できる。

この場合、更に解像度及び焦点深度を改善するためには、その中心の第1領域は輪帯状の領域（28R）であることが望ましい。

20 また、一例として、その所定面は、その照明系の瞳面（Q1）であり、その所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい9個の領域は、その第1領域（29）と、この第1領域を囲む第1円周（32A）に沿って配置されてそれぞれその第1領域よりも小さい4個の第2領域（29A～29D）と、その第1円周を囲む第2円周（32B）に沿って配置されてそれぞれその第1領域よりも小さい4個の第3領域（30A～30D）とからなるものである。

25 また、その第1領域（28）、2個のその第2領域（29A，29C）、及び2個のその第3領域（30A，30C）がその照明系の光軸（BX）を通る第1直線（31A）に沿って配置され、その第1領域、他の2個のその第2領域（29B，29D）、及び他の2個のその第3領域（30B，30D）がその照明系

の光軸を通りその第1直線に直交する第2直線(31B)に沿って配置されることが望ましい。

この場合の各領域の大きさも(1)式～(3)式の条件を満たすことが望ましい。

5 次に、本発明の第2の露光装置は、光束でマスク(R)を照明する照明系(12)と、そのマスクからのその光束で基板(W)を露光する投影系(PL)とを有する露光装置において、その照明系に関する所定面(Q1; Q3)におけるその光束の光量分布を、外側の輪郭がその照明系の光軸(BX)を含む輪帯状の第1領域(33R)と、この第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれその
10 第1領域よりも小さい4個の領域(34A～34D)とを含む5個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材(21; 42)を有するものである。

斯かる本発明によれば、その光学部材によって、種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度に転写できる。

15 また、一例として、その所定面は、その照明系の瞳面(Q1)であり、その所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい5個の領域は、その第1領域(33R)と、この第1領域を囲む円周(35)に沿って配置されてそれぞれその第1領域よりも小さい4個の第2領域(34A～34D)とからなるものである。

20 この場合の各領域の大きさも(1)式、(2)式の条件を満たすことが望ましい。

また、一例として、その照明系は、その光束が照射されるそのマスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータ(5)を含み、その光学部材は、その照明系内でそのオプティカル・インテグレータの入射面側に
25 配置されると共に、その光束を複数方向に回折する回折光学素子(21)である。特に位相型の回折光学素子を用いることで、光束に対して高い利用効率を得られる。

また、別の例として、その照明系は、その光束が照射されるそのマスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータ(5)を含み、

その光学部材は、その所定面又はその共役面に配置されると共に、その所定面上で光量が高められる領域を規定する開口絞り（４２）を含むものである。開口絞りは、構造が簡単で容易に所望の光量分布を設定することができる。

また、その光学部材は、その複数の領域で光量が高められる光量分布を含む互いに異なる複数の光量分布を設定可能であることが望ましい。これによって、種々のパターンをそれぞれ最適な照明条件で露光できる。

本発明の露光装置においても、その所定面上でその照明系の光軸外に配置されるその光量が大い各領域から発生する光束は直線偏光であってもよい。この場合、その所定面上におけるその光束の偏光方向は実質的に接線方向と一致していてもよい（即ち、その光束はＳ偏光でもよい）。

また、一例として、その光学部材は、その所定面上の異なる領域にそれぞれ分布する光束を生成する偏向部材を含み、その照明系内でその偏向部材から発生される光束の偏光状態を設定する偏光設定部材を更に備えてもよい。

その偏向部材の一例は、その照明系の光路上で複数方向に回折光を発生する回折光学素子（２１）である。

また、その光学部材は、その偏向部材の射出側に配置され、その所定面上におけるその光軸外の各領域とその照明系の光軸との位置関係を可変とする可動部材（７１，７２）を含み、その偏光設定部材は、その偏向部材とその可動部材との間に配置されてもよい。

また、その可動部材は、その所定面上でその第１領域を除くその光軸外の複数の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面（７１ｂ）を有し、その照明系の光軸に沿って移動する少なくとも１つの可動プリズム（７１）を含むものでもよい。

また、その光学部材は、その第１領域を囲みその光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなる複数の領域の位置を可変とする少なくとも１つの可動プリズム（７１，７２）を含むものでもよい。その可動プリズムは、一例としてその所定面上でその第１領域を除くその光軸外の複数の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面（７１ｂ）を有すると共に、その照明系の光軸に沿って移動するものである。また、その可動プリズムは、別の例としてその所定面上でその

第1領域に分布する光束が通るかつその照明系の光軸とほぼ直交する平面（71a）を有するものである。

次に、本発明の第3の露光装置は、マスク（R）を光束で照明する照明系（12）と、そのマスクからのその光束で基板（W）を露光する投影系（PL）とを有する露光装置において、その照明系に関する所定面（Q1；Q3）におけるその光束の光量分布を、その照明系の光軸を実質的に含む第1領域（28；28R）と、その第1領域の外側に配置される複数の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材を有し、その光学部材は、その所定面上の異なる領域にそれぞれ分布する光束を生成する偏向部材（21）と、その所定面上におけるその光軸外の各領域とその照明系の光軸との位置関係を可変とするために、その偏向部材から発生してその所定面上でその第1領域に分布する光束が通りその照明系の光軸とほぼ直交する平面と、その第1領域を除くその光軸外の複数の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面とを有する少なくとも1つの可動プリズム（71）とを含むものである。

斯かる本発明によれば、その偏向部材によって、種々のピッチのパターンを同時にそれぞれ高解像度に転写できる。更に、その可動プリズムによって、転写するパターンの種類等に応じて結像特性を調整できる。

この発明において、一例としてその照明系は、その光束が照射されるそのマスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータ（5）を含み、その可動プリズムは、その照明系内でそのオプティカル・インテグレータの入射側に配置されその光軸に沿って移動するものである。

また、その第1領域の外側に配置される複数の領域から発生する光束はそれぞれその所定面上で偏光方向が実質的に接線方向と一致する直線偏光（S偏光）であってもよい。

また、その光学部材は、その第1領域を含む複数の領域でそれぞれ光量が高められる光量分布を含む互いに異なる複数の光量分布を設定可能であることが望ましい。

次に、本発明による第4の露光装置は、光束でマスク（R）を照明する照明系（12）と、そのマスクからのその光束で基板（W）を露光する投影系（PL）

とを有する露光装置において、その照明系に関する所定面におけるその光束の光量分布を、互いに離れた3個の領域（5 4， 5 5 A， 5 5 B； 6 2， 6 3 A， 6 3 B）における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材（2 2 A， 2 2 B； 4 2 A， 4 2 B）を有するものである。

- 5 斯かる本発明によれば、その光学部材を用いることによって、一方向密集パターンを周期的に配列された方向及び孤立的な方向にそれぞれ高解像度で転写できる。

10 この場合、その光量の大きい3個の領域は、その照明系の光軸の近傍の第1領域（5 4； 6 2）と、その光軸を通る直線に沿ってその第1領域を挟むように配置された第2領域（5 5 A； 6 3 A）及び第3領域（5 5 B； 6 3 B）とを含むことが望ましい。又は、その光量の大きい3個の領域は、その照明系の光軸近傍の第1領域（5 4； 6 2）と、その光軸からほぼ等距離に配置される第2及び第3領域（5 5 A， 5 5 B； 6 3 A， 6 3 B）とを含むものでもよい。

15 これらの構成において、そのマスクに形成されたパターンが、所定の第1軸（X軸）に沿って周期的に配置されると共にその第1軸に直交する第2軸（Y軸）方向には実質的に孤立している一方向密集パターン（5 2， 5 3）を含む場合、その光量の大きい3個の領域は、その第1軸に平行な方向に離れて配置されることが望ましい。これによって、その一方向密集パターンをその第1軸及び第2軸に沿った方向にそれぞれ高解像度で転写することができる。更に、その光量の
20 大きい3個の領域は、その照明系の光軸を通りその第1軸に平行な直線に沿って配置されることがより望ましい。

25 また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域は、その中央部における光量が他の部分における光量よりも小さく設定されることが望ましい。これによって、そのパターンが孤立的である方向の解像度を高めることができ、焦点深度も広がる。

 この場合、その中央の領域は、一例としてほぼ輪帯状の領域（5 4）である。また、その中央の領域は、別の例として互いに離れた複数の領域（5 4 A 1， 5 4 A 2）からなるものである。その中央の領域で互いに離れた複数の領域は、一例としてその所定面上でその照明系の光軸を通る所定の直線に沿って配置される。

そして、その中央の領域で互いに離れた複数の領域は、別の例としてその中央の領域の大きさに応じてその配列方向が決定される。

また、その光量の大きい3個の領域の大きさは、それぞれその照明系の最大 σ 値の0.1倍から0.2倍に相当することが望ましい。これによって、深い焦点深度が得られる。

また、本発明において、その光量の大きい3個の領域のうちその第1軸に平行な方向に関して両端に配置される2個の領域(63A, 63B)は、それぞれ長手方向がその第2軸に平行な方向とほぼ一致する形状でもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域(62A)は、長手方向がその第1軸に平行な方向とほぼ一致する形状でもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域から発生する光束は、偏光方向がその第2軸に平行な方向とほぼ一致する直線偏光でもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域から発生する光束と他の2個の領域から発生する光束とは、互いに偏光状態が異なってもよい。この場合、一例として、その中央の領域から発生する光束とその2個の領域から発生する光束とは、偏光方向がほぼ直交するものである。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域と他の2個の領域とは、互いに大きさが異なるものでもよい。

また、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域から発生する光束は、それぞれ直線偏光であってもよい。この場合、一例としてその所定面上でその他の2個の領域に分布する光束は、それぞれ偏光方向が接線方向とほぼ一致するもの(S偏光)である。

また、一例として、その光学部材は、その所定面上の異なる領域にそれぞれ分布する光束を生成する偏向部材(22A, 22B)を含み、その照明系内でその偏向部材から発生される光束の偏光状態を設定する偏光設定部材を更に備えるものである。この場合、更にその光学部材は、その偏向部材の射出側に配置され、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域とその照明系の光軸との位置関係を可変とする可動部材(71, 72)を含み、その偏光設定部材は、その偏向部材とその可動部材との間に配置されるものでもよい。

また、その可動部材は、その所定面上でその中央の領域を除くその他の2個の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面を有し、その照明系の光軸に沿って移動する少なくとも1つの可動プリズム（72）を含むものでもよい。

また、本発明において、その光学部材は、その光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域の位置を可変とする少なくとも1つの可動プリズム（71、72）を含むものでもよい。この場合、一例として、その可動プリズムは、その所定面上でその中央の領域を除くその他の2個の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面（71b）を有すると共に、その照明系の光軸に沿って移動するものである。

また、その可動プリズムは、その所定面上でその中央の領域に分布する光束が通りかつその照明系の光軸とほぼ直交する平面（71a）を有してもよい。更に、一例として、その照明系は、その光束が照射されるそのマスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータ（4）を含み、その可動プリズムは、その照明系内でそのオプティカル・インテグレータの入射側に配置される。

また、その所定面は、一例としてその照明系の瞳面（Q1）である。この場合、一例としてその照明系は、その光束が照射されるそのマスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータ（5）を含み、その光学部材（22A、22B）は、そのオプティカル・インテグレータの入射面側に配置される回折光学素子を含むものである。この構成では、高い照明効率が得られる。

また、その所定面が、その照明系の瞳面（Q1）である場合の別の構成例として、その照明系は、その光束が照射されるそのマスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータ（5）を含み、その光学部材は、その所定面又はその共役面に配置されると共に、その3個の領域を規定する開口絞り（42A；42B）を含むものである。この構成では、その所定面での光量分布を容易に所望の分布にすることができる。

また、その光学部材は、その3個の領域で光量が高められる光量分布を含む互いに異なる複数の光量分布を設定可能であることが望ましい。これによって、種々のパターンをそれぞれ高解像度で転写できる。

次に、本発明のデバイス製造方法は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、そのリソグラフィ工程で本発明の露光方法又は露光装置を用いてパターン（R）を感光体（W）に転写するものである。本発明の露光方法又は露光装置を用いることによって、種々のピッチのパターンを含むデバイス、又は一方

5 向密集パターンを含むデバイスを高精度に量産することができる。

発明の効果

本発明において、照明系に関する所定面における光量分布を、所定の 9 個又は 5 個の領域で光量が大きくなるように設定するときには、種々のピッチのパター

10 ンを同時にそれぞれ高解像度で転写することができる。

また、中心の第 1 領域を輪帯状にすることによって、更に解像度及び焦点深度を改善することができる。また、光束の偏光状態を制御することによって、更に解像度等を改善できる場合がある。

また、本発明において、照明系に関する所定面における光量分布を、所定の 3

15 個の領域で光量が大きくなるように設定するときには、一方向密集パターンを高解像度で転写することができる。

また、マスクに形成されたパターンが、所定の第 1 軸に沿って周期的に配置されると共にその第 1 軸に直交する第 2 軸方向には実質的に孤立している一方向密集パターンを含む場合に、その光量の大きい 3 個の領域を、その第 1 軸に平行な

20 方向に離れて配置することによって、その一方向密集パターンを周期的に配列された方向及び孤立的な方向の両方向に高解像度で転写することができる。更に、本発明において、その光量の大きい 3 個の領域から発生する光束の偏光状態を所定状態に設定した場合には、所定のパターンに対して解像度等が向上する場合がある。

図面の簡単な説明

図 1（A）は本発明の第 1 の実施形態の投影露光装置を示す構成図、図 1（B）は図 1（A）中のプリズム 7 1，7 2 を示す拡大斜視図、図 1（C）はプリズム 7 1，7 2 の別の構成例を示す図である。

図2は、図1のレチクルRのパターンの一例を示す平面図である。

図3は、図1の回折光学素子21によってフライアイレンズ5の射出面（瞳面）に設定される9個の領域を含む光量分布を示す図である。

図4は、フライアイレンズ5の射出面（瞳面）上の5個の領域で光量が大きくなる光量分布を示す図である。

図5は、図3及び図4の光量分布で露光を行った場合の転写像のシミュレーションによる評価結果を示す図である。

図6（A）は図3の光量分布において、中心の領域を輪帯状とした変形例を示す図、図6（B）は図3の光量分布の別の変形例を示す図である。

図7（A）は図1の回折光学素子22によってフライアイレンズ5の射出面（瞳面）に設定される中心の輪帯を含む5個の領域で光量が大きくなる光量分布を示す図、図7（B）は図7（A）の光量分布の変形例を示す図である。

図8は、図7（A）の光量分布で露光を行った場合の転写像のシミュレーションによる評価結果を示す図である。

図9は、図3の光量分布に対する変形例を示す図である。

図10は、図1（A）中のプリズム71、72の変形例を示す斜視図である。

図11（A）は本発明の第2の実施形態で露光対象となるレチクルR1のパターンの一例を示す平面図、図11（B）はレチクルR1のパターンの他の例を示す図である。

図12は、本発明の第2の実施形態において、図1（A）の回折光学素子22Aによってフライアイレンズ5の射出面（瞳面）に設定される光量分布を示す図である。

図13（A）は図11（A）のパターン52によってY方向に回折される光束を示す図、図13（B）は図11（A）のパターン52によってX方向に回折される光束を示す図である。

図14は、図12の光量分布で露光を行った場合の転写像のシミュレーションによる焦点深度（DOF）の評価結果を示す図である。

図15（A）、図15（B）、及び図15（C）はそれぞれ図12の光量分布に対する変形例を示す図である。

図16 (A) は図1 (A) の回折光学素子22Bによってフライアイレンズ5の射出面(瞳面)に設定される光量分布を示す図、図16 (B) は図16 (A)の光量分布の変形例を示す図である。

図17は、図16 (A) の光量分布で露光を行った場合の転写像のシミュレーションによる焦点深度(DOF)の評価結果を示す図である。

図18は、本発明の第3の実施形態の投影露光装置を示す構成図である。

図19は、図18中の開口絞り42のパターンを示す図である。

図20は、図6の光量分布に対応する開口絞りのパターンを示す図である。

図21は、図7 (A) の光量分布に対応する開口絞りのパターンを示す図である。

図22 (A) 及び図22 (B) はそれぞれ本発明の第4の実施形態において、図18中の開口絞り42A及び42Bのパターンを示す図である。

図23は、本発明の第5の実施形態の照明光学系の要部を示す図である。

図24は、本発明の実施形態の投影露光装置を用いて半導体デバイスを製造する工程の一例を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[第1の実施形態]

以下、本発明の好ましい第1の実施形態につき図1～図9を参照して説明する。
本例は、オプティカル・インテグレータ(ユニフォマイザ又はホモジナイザ)としてのフライアイレンズを備える照明系を用いる投影露光装置で露光を行う場合に本発明を適用したものである。

図1 (A) は、本例の走査露光型の投影露光装置の構成を示し、この図1 (A) において、露光光源1としてはKrFエキシマレーザ光源(波長248nm)が使用されている。なお、露光光源1としては、ArFエキシマレーザ光源(波長193nm)、F₂レーザ光源(波長157nm)、Kr₂レーザ光源(波長146nm)、若しくはAr₂レーザ光源(波長126nm)などのレーザ光源、又はYAGレーザの高調波発生光源や固体レーザ(例えば半導体レーザ等)等の高調波発生装置なども使用することができる。

露光光源 1 から射出された露光用の光束（露光ビーム）としての紫外パルス光よりなる照明光 I L は、ビームエキスパンダ 2 により光束の断面形状が所望の形状に変換された後、光路折り曲げ用のミラー 3 を介して第 1 の回折光学素子 2 1 に入射して、後述のように所定面（例えば、照明光学系の瞳面）で所定の光量分布が得られるように複数の方向に回折する光束 D L に変換される。光量分布を設定するための光学部材の一部としての回折光学素子 2 1 は、レボルバ 2 4 に取り付けられており、レボルバ 2 4 には、他の回折特性を持つ第 2 の回折光学素子 2 2、及び更に別の回折特性を持つ回折光学素子（不図示）も取り付けられている。本例では、装置全体の動作を統轄制御する主制御系 1 7 が、駆動部 2 3 を介して
5 レボルバ 2 4 の回転角を制御して、照明光 I L の光路上に回折光学素子 2 1、2 2 等の何れかを設置することによって、照明条件を切り替えることができるように構成されている。

図 1（A）において、回折光学素子 2 1 により回折された光束 D L は、リレーレンズ 4 により集光され、第 1 プリズム 7 1 及び第 2 プリズム 7 2（可動プリズム）を経てオプティカル・インテグレータとしてのフライアイレンズ 5 の入射面に集光される。この場合、回折光学素子 2 1 は、リレーレンズ 4 の前側焦点より
15 も僅かに露光光源 1 側にずれた位置に配置され、フライアイレンズ 5 の入射面はほぼリレーレンズ 4 の後側焦点の位置に配置されている。そして、回折光学素子 2 1 から互いに異なる方向に回折された複数の光束は、フライアイレンズ 5 の入射面上で互いに異なる領域に集光されており、フライアイレンズ 5 の射出面（射出側焦点面）Q 1 には、ほぼその入射面の光量分布に対応する分布の面光源（本実施形態では多数の光源像からなる 2 次光源）が形成される。リレーレンズ 4 と
20 フライアイレンズ 5 とからなる合成レンズ系によって、回折光学素子 2 1 の射出面とフライアイレンズ 5 の射出面 Q 1 とはほぼ共役（結像関係）となっている。

本例では、回折光学素子 2 1、第 1 プリズム 7 1、及び第 2 プリズム 7 2 が所定の光量分布を設定するための光学部材に対応している。図 1（B）に示すように、第 1 プリズム 7 1 は、照明光学系の光軸 B X（後述）を中心とする円形領域で平行平板 7 1 a となり、その周辺部で凹の円錐体 7 1 b となる部材であり、第 2 プリズム 7 2 は、第 1 プリズム 7 1 に対して凹凸が逆になると共に、第 1 プ
25

リズム 7 1 と合わせたときに全体として平行平板を構成する部材である。なお、第 1 及び第 2 プリズム 7 1、7 2 の中心の円形領域を通る（即ち、第 1 及び第 2 プリズム 7 1、7 2 内を光軸 B X に沿って直進する）光束は、フライアイレンズ 5 の射出面 Q 1 上での光量分布の中心で光量が高められる領域に分布し、第 1 及び第 2 プリズム 7 1、7 2 の周辺の円錐部（斜面）を通る光束は、その光量分布の周辺で光量が高められる複数の領域（あるいはその複数の領域を含む所定領域）に分布する。

また、第 1 及び第 2 プリズム 7 1、7 2 の少なくとも一方、例えば本例では第 2 プリズム 7 2 のみが光軸 B X に沿って不図示の駆動機構によって変位自在に支持されており、第 2 プリズム 7 2 を光軸 B X に沿って変位させて、第 1 プリズム 7 1 と第 2 プリズム 7 2 との間隔を変えることによって、フライアイレンズ 5 の射出面 Q 1 における光量分布を、中心の分布（後述する領域 2 8、3 3 などの位置）を変えることなく、周辺の光量の大きい複数の領域の位置を半径方向に調整できる（即ち、X 方向、Y 方向に関する複数の領域の位置（光軸 B X との距離）を可変とする）ように構成されている。

なお、プリズム 7 1 及び 7 2 の代わりに、円錐体の部分が角錐体（又はピラミッド状）となったプリズムを用いてもよい。また、2 つのプリズム 7 1、7 2 を用いることなく、第 1 プリズム 7 1 のみを用いてこの位置を光軸 B X に沿って可変としてもよい。更に、可動プリズムとしては、図 1（C）に示すように、一方向に屈折力がありそれに直交する方向には屈折力の無い 1 対の V 字型の間隔可変のプリズム 7 1 A、7 1 B を用いてもよい。なお、プリズム 7 1 A、7 1 B はそれぞれ中心の矩形領域（本例では平行平板）が光軸 B X とほぼ直交し、かつ周辺部の 2 つの斜面が光軸 B X を含んで図 1（C）の紙面と直交する面に関してほぼ対称となるように配置される。

この構成では、プリズム 7 1 A、7 1 B の間隔可変によって、図 1（C）の紙面内上下方向（例えば、照明光学系 1 2 の瞳面における照明光の光量分布が示される図 3 では Y 方向に対応）に関する周辺の光量の大きい領域の位置（光軸 B X との距離）が変化する。そこで、それに直交する方向（図 1（C）の紙面と垂直な方向で、図 3 では X 方向に対応）に関する周辺の光量の大きい領域の位置（光

軸B Xとの距離)を調整するために、1対のプリズム7 1 A、7 1 Bを光軸B Xの回りに90°回転した構成の別の1対のプリズム7 1 C、7 1 Dを配置してもよい。これによって、互いに直交する2つの方向の周辺の光量の大きい領域の位置(光軸B Xとの距離)を独立に調整できる。

5 なお、前述した斜面が円錐、角錐又はV字のプリズムはそれぞれ光軸B Xと直交する中心の平面部が平行平板であるものとしたが、その中心部の少なくとも一部を切り取って開口部(中空部)としてもよいし、あるいは複数の部分を別々に加工して一体に固定したものでもよい。特に後者では、中心の平面部を除く周辺の斜面部のみを複数の部分に分割して一体に固定したものでも構わない。

10 ただし、図1(A)において、フライアイレンズ5の射出面Q 1における周辺の光量の大きい複数の領域の位置を半径方向に変化させる必要の無い場合には、第1プリズム7 1及び第2プリズム7 2は省略することも可能である。

15 なお、フライアイレンズ5は、一例として縦横の幅が数mm程度の長方形の断面形状を持つ多数のレンズエレメントを束ねたものであり、各レンズエレメントの断面形状はレチクル上の細長い照明領域とほぼ相似である。ただし、フライアイレンズ5としては、断面形状が幅数10 μ m程度の四角形又は直径が数10 μ m程度の円形の多数の微小レンズを束ねた構成のマイクロ・フライアイレンズを用いることも可能である。

20 フライアイレンズ5から射出された光束よりなる照明光I Lは、コンデンサレンズ系6によって面Q 2上に一度集光される。面Q 2の僅かに手前側に、被照明体としてのレチクルR上の照明領域を走査方向に直交する非走査方向に細長い形状に規定するための固定視野絞り(固定ブラインド)7が配置され、面Q 2上に可動視野絞り(可動ブラインド)8が配置されている。可動視野絞り8は、走査露光の前後でその照明領域の走査方向の幅を制御して不要な露光を防止すると共に、走査露光中のその照明領域の非走査方向の幅を規定するために使用される。

25 一例として、後述のレチクルステージ駆動系1 6が、レチクルステージの動作と同期して駆動部1 3を介して可動視野絞り8の開閉動作を制御する。

 視野絞り7及び8を通過した照明光I Lは、結像用レンズ系9、光路折り曲げ用のミラー10、及び主コンデンサレンズ系11を介して、マスクとしてのレチ

クルRのパターン面（以下、「レチクル面」と言う）の回路パターン領域上の細長い照明領域を一樣な強度分布で照明する。露光光源1、ビームエキスパンダ2、ミラー3、回折光学素子21（又は他の回折光学素子）、リレーレンズ4、フライアイレンズ5、コンデンサレンズ系6、視野絞り7、8、結像用レンズ系9、ミラー10、及び主コンデンサレンズ系11より照明光学系12が構成されている。照明系としての照明光学系12の光軸を光軸BXとする。この場合、フライアイレンズ5の射出面Q1は、照明光学系12の瞳面、即ちレチクル面に対して光学的なフーリエ変換面と実質的に一致しており、可動視野絞り8の配置されている面Q2は、そのレチクル面の共役面である。なお、固定視野絞り7は、例えばレチクル面の近傍に配置してもよい。

照明光ILのもとで、レチクルRの照明領域内の回路パターンの像が、投影系としての両側テレセントリックの投影光学系PLを介して所定の縮小倍率 β （ β は例えば1/4、1/5等）で、投影光学系PLの結像面に配置された基板としてのウエハW上の複数のショット領域の一つのショット領域のレジスト層に転写される。なお、レチクルR及びウエハWはそれぞれ第1物体及び第2物体とも見なすことができる。また、被露光用の基板としてのウエハWは、例えば半導体（シリコン等）又はSOI (silicon on insulator)等の直径が200mm又は300mm等の円板状の基板である。

投影光学系PLの光軸AXは、レチクルR上で照明光学系12の光軸BXと合致している。また、投影光学系PLの瞳面Q3（レチクル面に対する光学的なフーリエ変換面）は、フライアイレンズ5の射出面Q1（照明光学系12の瞳面）と共役である。本例の投影光学系PLとしては、屈折系の他に、例えば日本国の特開2000-47114号公報（対応する米国特許第6,496,306号）に開示されているように、互いに交差する光軸を持つ複数の光学系を持つ反射屈折投影光学系、又は例えば国際公開（WO）01/065296号パンフレット（対応する米国公開2003/0011755A1）に開示されているように、レチクルからウエハに向かう光軸を持つ光学系と、その光軸に対してほぼ直交する光軸を持つ反射屈折系とを有し、内部で中間像を2回形成する反射屈折投影光学系等を使用できる。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z

軸に垂直な平面内でレチクルR及びウエハWの走査方向に直交する非走査方向（ここでは図1（A）の紙面に平行な方向）にX軸を取り、その走査方向（ここでは図1（A）の紙面に垂直な方向）にY軸を取って説明する。

5 先ずレチクルRは、レチクルステージ14上に吸着保持され、レチクルステージ14は、レチクルベース15上にY方向に等速移動できると共に、X方向、Y方向、及びZ軸の周りの回転方向に微動できるように載置されている。レチクルステージ14の位置は、レチクルステージ駆動系16内のレーザ干渉計によって計測されている。レチクルステージ駆動系16は、その計測情報及び主制御系17からの制御情報に基づいて、不図示の駆動機構を介してレチクルステージ14
10 の位置及び速度を制御する。

一方、ウエハWは、不図示のウエハホルダを介してウエハステージ18上に吸着保持され、ウエハステージ18は、ウエハベース19上にX方向、Y方向に移動自在に載置されている。ウエハステージ18の位置は、ウエハステージ駆動系20内のレーザ干渉計によって計測されている。ウエハステージ駆動系20は、
15 その計測情報及び主制御系17からの制御情報に基づいて、不図示の駆動機構を介してウエハステージ18の位置及び速度を制御する。また、ウエハステージ18には、不図示のオートフォーカスセンサの計測情報に基づいて、走査露光中にウエハWの表面を投影光学系PLの結像面に合わせ込むための合焦機構が組み込まれている。

20 走査露光時には、主制御系17、レチクルステージ駆動系16、及びウエハステージ駆動系20の制御のもとで、レチクルステージ14を介してレチクルRを照明光ILが照射される照明領域に対してY方向に速度VRで走査するのに同期して、ウエハステージ18を介して細長い露光領域（投影光学系PLに関して照明領域と共役な照明光ILの照射領域）に対してウエハW上の一つのショット領域を対応する方向（+Y方向又は-Y方向）に速度 $\beta \cdot V_R$ （ β は投影倍率）で
25 走査する動作と、ウエハステージ18を介してウエハWをX方向、Y方向にステップ移動する動作とが繰り返される。このステップ・アンド・スキャン動作によって、ウエハW上の全部のショット領域にレチクルRの回路パターンの像が転写される。

次に、本例の照明光学系及び照明方法につき詳細に説明する。

図2は、図1 (A) 中のレチクルRに形成された転写用のパターン（原版パターン）の一例を示し、この図2において、レチクルRのパターン領域PA内には、それぞれX方向、Y方向にピッチP1、P2及びP3でほぼ正方形のパターン25A、25B及び25Cを配置してなる3種類のコンタクトホール

5 2次元パターンが形成されている。各パターン25A、25B、25Cはそれぞれ遮光膜中に形成された透過パターンでもよく、逆に透過部中に形成された遮光パターンでもよい。また、各パターン25A、25B、25Cの幅は、それぞれ対応するピッチP1、P2、P3の1/2程度、又はこれより小さい値であるが、よりピッチの大きい方のパターン25B、25Cの幅が最も微細なピッチのパターン25Aの幅と同程度となる場合もある。この場合、ピッチP1、P2、P3は次のように次第に数倍になるように設定されている。

10

$$P1 < P2 < P3 \quad \dots (4)$$

図1 (A) の投影光学系PLの投影倍率 β を1/4倍としたとき、レチクル面上でのピッチP1、P2、P3はそれぞれ一例として300nm、600nm、900nm程度に設定される。即ち、レチクルRの原版パターンは、微細ピッチの密集コンタクトホール用の第1パターンと、中程度のピッチの密集コンタクトホール用の第2パターンと、実質的に孤立コンタクトホールとみなすことができる大きいピッチで配列されたコンタクトホール用の第3パターンとを含んでいる。

15

20

このような原版パターンの像を一度に高精度にウエハ上に転写するために、本例では図1 (A) に示すように、照明光ILの光路上に回折光学素子21を配置して、所定面としてのフライアイレンズ5の射出面Q1（瞳面）における照明光ILの光量分布（強度分布）を所定分布に設定している。

図3は、本例の図1 (A) のフライアイレンズ5の射出面Q1（照明光学系12の瞳面）における照明光ILの光量分布を示し、この図3において、図2のレチクルR上のX方向及びY方向（即ち、転写用パターンの配列方向）に対応する射出面Q1上の方向をそれぞれX方向及びY方向としている。ここで、図1

25

(A) の投影光学系PLの物体側（レチクル側）の開口数をNA、像側（ウエハ側）の開口数を NA_{PL} とすると、投影倍率 β を用いて次の関係がある。

$$NA = \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots (5)$$

更に、照明光学系 1 2 からレチクル R に入射する照明光 I L の開口数の内の最大値を NA_{IL} として、本例ではその最大の開口数 NA_{IL} の投影光学系 P L の開口数 N A に対する比の値（コヒーレンスファクタ）を最大 σ 値と呼び、最大 σ 値を σ とする。即ち、最大 σ 値の照明光とは、照明光 I L の内で最も大きい入射角でレチクル R に入射する光であり、最大 σ 値（ σ ）は、次のように表すことができる。

$$\sigma = NA_{IL} / NA = NA_{IL} / (\beta \cdot NA_{PL}) \quad \cdots (6)$$

図 3 に示す照明光学系の瞳面において、最外周の円周 2 6 は、投影光学系 P L の入射側の開口数 N A と同じ開口数を持つ仮想的な光束が通過する領域の外周を表し、その内側の円周 2 7 は、最大 σ 値（ σ ）の開口数を持つ照明光が通過する領域に接する円周を表しており、全ての照明光は円周 2 7 の内部を通過する。本例の照明光 I L は、図 3 において、照明光学系 1 2 の光軸 B X を中心とする半径 r_1 の円形の領域 2 8 と、その領域 2 8 を囲む半径 R_1 の第 1 円周 3 2 A に沿って中心が配置された 4 個の半径 r_2 の円形の領域 2 9 A、2 9 B、2 9 C、2 9 D と、その領域 2 9 A ~ 2 9 D を囲む半径 R_2 の第 2 円周 3 2 B に沿って中心が配置された 4 個の半径 r_3 の円形の領域 3 0 A、3 0 B、3 0 C、3 0 D とを含む互いに離れた 9 個の領域ではほぼ一定の光量を持ち、それ以外の領域ではその一定の光量よりも低い光量（本例ではほぼ 0）となる光量分布を持っている。なお、領域 2 8、領域 2 9 A ~ 2 9 D、及び領域 3 0 A ~ 3 0 D の輪郭付近では、光量は外側に向かって次第に減少する分布を持っていたてもよい。中心の領域 2 8 が第 1 領域に対応し、それを囲む 4 個の領域 2 9 A ~ 2 9 D が第 2 領域に対応し、更にそれを囲む 4 個の領域 3 0 A ~ 3 0 D が第 3 領域に対応している。以下では、その半径 $r_1 \sim r_3$ 及び R_1 , R_2 は、それぞれ最大 σ 値（ σ ）に相当する長さ（最大 σ 値の光束が通過する点と光軸 B X との間隔）を単位として表すものとする。

先ず、中心の領域 2 8 は、それ以外の 8 個の領域 2 9 A ~ 2 9 D 及び 3 0 A ~ 3 0 D よりも大きく設定されている（ $r_1 > r_2$, $r_1 > r_3$ ）。更に、本例では転写対象の 2 次元パターンの配列方向が X 方向、Y 方向であるため、X 方向に時計回りに 45° で交差する直線を第 1 直線 3 1 A として、第 1 直線 3 1 A に直

交する直線（X方向に反時計回りに 45° で交差する直線）を第2直線31Bとする。そして、中心の領域28、中間の2つの領域29A及び29C、並びに最外周の2つの領域30A及び30Cの中心を第1直線31A上に配置し、中心の領域28、中間の他の2つの領域29B及び29D、並びに最外周の他の2つの領域30B及び30Dの中心を第2直線31B上に配置する。即ち、中心の領域28を囲む8個の領域29A～29D及び30A～30Dは、転写対象のパターンの直交する2つの配列方向を 45° 回転した2つの直交する方向に沿って配列されている。

また、一例として、領域28の半径 r_1 、領域29A～29Dの半径 r_2 、領域30A～30Dの半径 r_3 は、それぞれ次のように最大 σ 値（ σ ）（ここでは円周27の半径、以下同様）の0.3倍、0.1倍、及び0.1倍に設定されている。

$$r_1 = 0.3\sigma \quad \cdots (7)$$

$$r_2 = r_3 = 0.1\sigma \quad \cdots (8)$$

更に、第1円周32Aの半径 R_1 及び第2円周32Bの半径 R_2 は、それぞれ次のように最大 σ 値（ σ ）の0.55倍及び0.9倍に設定されている。

$$R_1 = 0.55\sigma \quad \cdots (9)$$

$$R_2 = 0.9\sigma \quad \cdots (10)$$

この場合、領域28の外周と第1円周32Aとの半径方向の間隔 d_1 と、第1円周32Aと第2円周32Bとの半径方向の間隔 d_2 とは次のようになる。

$$d_1 = 0.25\sigma, d_2 = 0.35\sigma \quad \cdots (11)$$

この場合、(7)式～(10)式の条件を満たす図3の瞳面上の領域28、領域29A～29D、及び領域30A～30Dで光量がほぼ一定となり、それ以外の領域で光量がほぼ0となる光量分布が得られるように、図1(A)の回折光学素子21の回折特性が設定されている。このためには、回折光学素子21は、一例として、光透過性の基板上にほぼ図3の直線31Aに沿った方向に規則性を持つ凹凸の格子と、ほぼ直線31Bに沿った方向に規則性を持つ凹凸の格子とを形成することによって製造することができる。また、回折光学素子21は、複数枚の位相型の回折格子を組み合わせたものでもよい。これらの場合、回折光学素子

21は、位相型であるため、光の利用効率が高いという利点がある。なお、回折光学素子21としては、屈折率分布を回折格子状の分布で変化させた光学素子を使用することも可能である。なお、特定の回折特性を持つ回折光学素子の構造及び製造方法については、例えば本出願人による日本国の特開2001-176766号公報（対応する米国特許第6,563,567号）に詳細に開示されている。

なお、回折光学素子21によって得られる光量分布を、図3の領域28、領域29A～29D、及び領域30A～30Dを含む領域でほぼ一定の光量となるようにしておき、図3の領域28、領域29A～29D、及び領域30A～30Dに対応する部分に開口が形成された開口絞りを、図1(A)のフライアイレンズ5の射出面Q1（瞳面）又はその共役面に配置してもよい。この場合にも、照明光ILの利用効率が高いという利点は得られている。

本例に関して、本発明者は、(7)式～(10)式の条件を満たす図3の瞳面上の領域28、領域29A～29D、及び領域30A～30Dよりなる9個の領域で光量が一定となり、それ以外の領域で光量が0となる光量分布のもとで、レチクル面に種々のピッチのコンタクトホールのパターンを配置して、そのパターンの縮小像を投影光学系PLを介してウエハW上に転写した場合に得られるCD (critical dimension) の評価をコンピュータのシミュレーションで行った。本例のCDは、転写されるパターンの線幅である。なお、このシミュレーションに際しては、次のように図1(A)の投影光学系PLの像側（ウエハ側）の開口数 NA_L を0.82、投影倍率 β を1/4倍として、最大 σ 値(σ)を0.9とした。

$$NA=0.82, \beta=1/4, \sigma=0.9 \dots (12)$$

図5の曲線36は、その瞳面上の9個の領域で光量が一定となる場合のCD値のシミュレーション結果を示し、図5の横軸はレチクル面上の転写されるパターンのピッチ(nm)、縦軸はそのピッチに対応するCD値(nm)である。図5のピッチ280～1120nmは、ウエハ側では70～280nmに相当している。曲線36から分かるように、本例の光量分布を用いることによって、レチクル面上でピッチが280～1120nmの広い範囲のコンタクトホールのパターンに対してほぼ一定の良好なCD値が得られる。

従って、本例の図3の瞳面上の光量分布を用いることによって、図2の3種類

のピッチのパターンを含むレチクルRのパターンは、一度に高精度にウエハW上に転写することができる。

なお、図3の瞳面上の光量分布は、必ずしも(7)式～(10)式の条件を満たす必要はなく、領域28の半径 r_1 、領域29A～29Dの半径 r_2 、領域30A～30Dの半径 r_3 は、それぞれ次のような範囲にあればよい。

$$0.2\sigma \leq r_1 \leq 0.4\sigma \quad \cdots (13)$$

$$0.75\sigma \leq r_2 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (14)$$

$$0.75\sigma \leq r_3 \leq 0.2\sigma \quad \cdots (15)$$

更に、第1円周32Aの半径 R_1 及び第2円周32Bの半径 R_2 は、それぞれ(9)式及び(10)式に対して $\pm 10\%$ 程度変化してもよい。また、投影光学系PLの像側の開口数 NA_{PL} 、投影倍率 β 、及び最大 σ 値(σ)は、上記の値に限らず任意の値を取ることができる。例えば、最大 σ 値(σ)を制御するには、図1(A)のプリズム71及び72の間隔を変化させて、図3の光量分布のうち周辺の光量の大きい領域29A～29D及び領域30A～30Dの半径方向の位置(X方向、Y方向に関する光軸BXとの距離)を変化させればよい。また、図1(C)に示すように2対のプリズム71A、71B及び71C、71Dを用いて、図3の光量分布のうち、周辺の光量の大きい領域29A～29D及び領域30A～30Dの位置(光軸BXとの距離)をX方向とY方向とでそれぞれ独立に制御してもよい。

なお、図3の光量分布において、中心の領域28の光量(例えば単位面積当たりの強度)と周辺の8個の領域29A～29D、30A～30Dの光量とを異ならせてもよい。また、周辺の第1円周32Aに沿った4個の領域29A～29Dの光量と第2円周32Bに沿った4個の領域30A～30Dの光量とを異ならせてもよい。これらの光量の相対的な大きさは、例えば転写するパターン毎に最適な解像度が得られるように調整してもよい。

更に、図3の光量分布の代わりに、図6(B)に示すように、図3の周辺の半径方向の2つずつの領域29A、30A、29B、30B、29C、30C、及び29D、30Dをそれぞれ半径方向に実質的に連結させた4個の細長い領域130A、130B、130C、及び130Dと、中心の領域28とを含む5個の

領域で光量が大きくなる光量分布を用いてもよい。この場合にも、ほぼ同様に種々のピッチのパターンに対して高い解像度を得ることができる。なお、図6

(B) の光量分布でそれぞれ半径方向に並ぶ2つの領域の連結部における光量はその2つの領域における光量と同程度でもよいし、あるいはその2つの領域における光量と異ならせる、例えば小さくしてもよい。

なお、図3の光量分布を用いる場合よりも更に解像度及び焦点深度を改善するためには、第1領域としての中央の円形の領域28の代わりに輪帯状の領域を用いればよい。

図6(A)は、そのように第1領域を輪帯状の領域とした場合の図1(A)のフライアイレンズ5の射出面Q1(照明光学系12の瞳面)における照明光ILの光量分布を示している。この図3に対応する部分に同一符号を付した図6

(A)において、光軸BXを中心する外半径 r_1 で内半径 r_{1R} の輪帯状の領域28Rと、それを囲む8個の領域29A~29D及び30A~30Dとを含む9個の領域で照明光の光量がほぼ一定となり、それ以外の領域では照明光の光量はほぼ0となっている。また、輪帯状の領域28Rの外半径 r_1 と内半径 r_{1R} との比の値($=r_{1R}/r_1$)は0と1との間の任意であり、一例として1/3輪帯($r_{1R}/r_1=1/3$)、1/2輪帯($r_{1R}/r_1=1/2$)、2/3輪帯($r_{1R}/r_1=2/3$)などが使用できる。この他の条件は図3の光量分布を用いる場合と同様である。

図6(A)の光量分布を用いる場合には、図5の曲線36で表されるCD値のシミュレーション結果よりも更に安定なCD値の分布が得られる。更に、より広い焦点深度で安定なCD値が得られる。

また、本例において、図6(A)の周辺の領域29A~29D及び30A~30Dに分布する光を直線偏光としてもよい。この際に、一例として矢印ARで示すように、その周辺領域に分布する光を偏光方向が接線方向(入射面に対して垂直な方向)であるS偏光としてもよい。これによって、特定のパターンに対する解像度等が向上する場合がある。これは、図3又は図6(B)の光量分布を用いる場合も同様である。

なお、光源1から発生して前述した周辺の光量の大きい8個又は4個の領域に

それぞれ分布する光が非偏光、またはその偏光方向が円周方向と一致していないときは、例えば、回折光学素子 2 1（偏光部材）とフライアイレンズ 5 との間で、各領域に分布する光が通る光路上に 1 / 2 波長板又は 1 / 4 波長板などの偏光設定部材を配置して、偏光方向が円周方向とほぼ一致する直線偏光の光束に変換することが好ましい。このとき、前述した複数のプリズムのうち光軸 B X に沿って可動でかつ最も上流側（光源側）に配置される 1 つのプリズム（可動部材）の入射側、例えばレンズ 4 との間、または回折光学素子 2 1 とレンズ 4 との間に偏光設定部材を設けることが好ましい。この場合、回折光学素子の交換または複数のプリズムの間隔変更などによる光束の進行方向（光路）の変化に応じて偏光設定部材を移動する、あるいはその変化を見込んで偏光設定部材を大きく形成する必要がない。

なお、図 6（B）の光量分布で中心の円形領域 2 8 を、図 6（A）と同様に輪帯状の領域としてもよい。

また、本例の回折光学素子 2 1 は所定面としての照明光学系 1 2 の瞳面上での光量分布を所定の状態に設定しているが、その所定面を図 1（A）の投影光学系 P L の瞳面 Q 3 とすることも可能である。このとき、その回折光学素子 2 1 によって、レチクル R が存在しない場合に、投影光学系 P L の瞳面 Q 3 において、光軸 A X を含む第 1 領域及びそれを囲む 8 個の領域においてほぼ一定となり、それ以外の領域でそれより低い光量となる光量分布が設定される。

なお、本例の図 3 及び図 6（A）の例では、瞳面上において光量がほぼ一定の領域 2 8（又は 2 8 R）、領域 2 9 A～2 9 D、及び領域 3 0 A～3 0 D はそれぞれ円形（又は輪帯）であるが、その各円形（又は輪帯）領域をそれぞれ楕円形（又は楕円形の輪帯）の領域とすることも可能である。また、各円形（又は輪帯）の領域を次のように多角形（又は多角形の枠状）の領域とすることも可能であり、円形（又は楕円形）領域と多角形領域とを組み合わせることも可能である。

図 9 はその瞳面上で可能な別の光量分布を示し、図 9 に示すように、その光量分布は、中央の角形（正方形の他に正 6 角形等も可）の領域 2 8 A、それを囲む 4 個の角形の領域 2 9 E～2 9 H、及びそれを囲む 4 個の角形の領域 3 0 E～3 0 H でほぼ一定となり、それ以外の領域でそれよりも低くなっている。この場合、

その角形の領域の位置及び面積は、それぞれ図3の領域28、領域29A～29D、及び領域30A～30Dの位置及び面積とほぼ同じであればよい。なお、図6(A)に対応させる場合には、図9の中央の領域28Aの代わりに枠型の領域を用いればよい。

5 次に、図1(A)のレボルバ24には異なる回折特性を持つ第2の回折光学素子22が設けられている。この第2の回折光学素子22を照明光ILの光路上に設置した場合には、フライアイレンズ5の射出面Q1(瞳面)の5個の領域ではほぼ一定の光量となり、それ以外の領域でそれより低い(本例ではほぼ0)光量となる光量分布が得られる。

10 図7(A)は、第2の回折光学素子22を用いた場合の図1(A)のフライアイレンズ5の射出面Q1(瞳面)における照明光ILの光量分布を示し、この図3に対応する部分に同一符号を付した図7(A)の光量分布は、図1(A)の照明光学系12の光軸BXを中心とする外半径 r_4 で内半径 r_{4R} の円形の輪帯状の領域33R(第1領域)と、その領域33Rを囲む半径 R_3 の円周35に沿って90°間隔で中心が配置された4個の半径 r_5 の円形の領域34A、34B、
15 34C、34D(第2領域)とを含む互いに離れた5個の領域ではほぼ一定光量となり、それ以外の領域ではその一定光量よりも低い光量(本例ではほぼ0)となっている。この場合にも、中心の領域33Rの外側の輪郭は、それ以外の4個の領域34A～34Dよりも大きく設定されている($r_4 > r_5$)。

20 また、輪帯状の領域33Rの外半径 r_4 と内半径 r_{4R} との比の値($= r_{4R} / r_4$)は0と1との間の任意であり、一例として1/3輪帯($r_{4R} / r_4 = 1/3$)、1/2輪帯($r_{4R} / r_4 = 1/2$)、2/3輪帯($r_{4R} / r_4 = 2/3$)などが使用できる。更に、半径 r_4 の好ましい範囲は(13)式の半径 r_1 の範囲と同じであり、半径 R_3 及び半径 r_5 の好ましい範囲はそれぞれ(10)式の半径 R_2 、及び(14)式の半径 r_2 と同じである。
25

更に、本例では転写対象の2次元パターンの配列方向がX方向、Y方向であるため、外周部の4個の領域34A～34Dは、それぞれ光軸BXを通りX方向(又はY方向)に45°で交差する直線に沿って配置されている。

また、一例として、領域33Rの半径 r_4 、領域34A～34Dの半径 r_5 、

及び円周 3 5 の半径 R_3 は、それぞれ次のように最大 σ 値 (σ) の 0.2 倍、0.1 倍、及び 0.9 倍に設定されている。

$$r_4 = 0.3\sigma, \quad r_5 = 0.1\sigma \quad \dots (16)$$

$$R_3 = 0.9\sigma \quad \dots (17)$$

5 本発明者は、(16) 式、(17) 式の条件を満たす図 4 の瞳面上の領域 3 3、
及び領域 3 4 A ~ 3 4 D よりなる 5 個の領域で光量が一定となり、それ以外の領域
で光量が 0 となる光量分布のもとで、レチクル面に種々のピッチのコンタクト
ホールのパターンを配置して、そのパターンの縮小像を投影光学系 PL を介して
10 ウエハ W 上に転写した場合に得られる CD (critical dimension) の評価をコンピ
ュータのシミュレーションで行った。なお、このシミュレーションに際して、露
光波長は ArF レーザ光、図 1 (A) の投影光学系 PL の像側 (ウエハ側) の開
口数 NA_{PL} は 0.78、投影倍率 β は $1/4$ 、最大 σ 値 (σ) の値は 0.9 である。

図 8 の折れ線の曲線 F 1, F 2 は、その瞳面上の 5 個の領域で光量が一定となる
場合の CD 値のシミュレーション結果を示し、図 8 の横軸はウエハのデフォー
15 カス量 F (μm)、縦軸は CD 値としての良好に転写できるパターンの線幅 (μm)
(ウエハ上での線幅) を示している。また、図 8 のほぼ平坦な曲線 F 1 は、
線幅が 140 nm でピッチ 220 nm のコンタクトホールのパターンに対するシ
ミュレーション結果、山型の曲線 F 2 は線幅が 140 nm の孤立パターンに対す
るシミュレーション結果を表している。曲線 F 1, F 2 から分かるように、両方
20 のパターンに対してデフォーカス量 F が $-0.2 \mu m \sim 0.2 \mu m$ 程度の範囲で
ほぼ一定の CD 値が得られている。従って、孤立パターンから微細ピッチのコン
タクトホールのパターンまでの種々のパターンを高解像度で且つ広い焦点深度で
転写することができる。

なお、この図 7 (A) の光量分布を用いる場合にも、例えば最大 σ 値 (σ) を
25 制御するために、図 1 (A) のプリズム 7 1 及び 7 2 の間隔を変化させて、図 7
(A) の周辺の光量の大きい領域 3 4 A ~ 3 4 D の半径方向の位置 (X 方向、Y
方向に関する光軸 BX との距離) を変化させてもよい。また、図 1 (C) に示す
ように 2 対のプリズム 7 1 A、7 1 B 及び 7 1 C、7 1 D を用いて、図 7 (A)
の光量分布のうち、周辺の光量の大きい領域 3 4 A ~ 3 4 D の位置 (光軸 BX と

の距離)をX方向とY方向とでそれぞれ独立に制御してもよい。

また、図7 (A)の光量分布において、中心の領域33Rの光量(例えば単位面積当たりの強度)と周辺の4つの領域34A~34Dの光量とを異ならせてもよい。これらの光量の相対的な大きさは、例えば転写するパターン毎に最適な解像度5
像度が得られるように調整してもよい。

更に、図7 (A)の光量分布の代わりに、図7 (B)に示すように、図7

(A)の周辺の4つの領域34A~34Dと中心の輪帯状の領域33Rとを半径方向に実質的に連結させた、中心に開口のあるヒトデ(starfish)型又は星型の領域134で光量が大きくなる光量分布を用いてもよい。領域134の中央部では
10 光量が0ではなく、光量が低くなるだけでもよい。この場合にも、ほぼ同様に種々のピッチのパターンに対して高い解像度を得ることができる。

なお、図7 (A)の周辺の領域34A~34Dと中心の領域33Rとを連結する、図7 (B)の光量分布で半径方向に延びる連結部における光量は、その周辺又は中心の領域における光量と同程度でもよいし、あるいはその周辺又は中心の
15 領域における光量と異ならせる、例えば小さくしてもよい。

また、本例において、図7 (A)の周辺の領域34A~34Dに分布する光を直線偏光としてもよい。この際に、一例として矢印ARで示すように、その周辺領域に分布する光を偏光方向が接線方向(入射面に対して垂直な方向)であるS偏光としてもよい。これによって、特定のパターンに対する解像度等が向上する
20 場合がある。これは、図7 (B)の光量分布を用いる場合も同様であり、領域134のうち半径方向に延びる周辺の領域、特に図7 (A)の周辺の領域34A~34Dに対応するその一部に分布する光を、偏光方向が接線方向となる直線偏光としてもよい。なお、図7 (A)、図7 (B)の光量分布で周辺の領域に分布する光が非偏光、またはその偏光方向が接線方向と一致していないときは、上記と同様に、例えば回折光学素子21とフライアイレンズ5との間に偏光設定部材を
25 設けることが好ましい。

ここで比較のために、図7 (A)の中央の輪帯状の領域33Rの代わりに円形の領域で光量を一定とした場合のシミュレーション結果を示す。

図4は、そのように図7 (A)の中央の輪帯状の領域33Rの代わりに半径r

4の円形の領域33で光量を一定として、それを囲む4個の領域34A～34Dでは図7(A)の場合と同様に光量を一定とした光量分布を示している。

図4において、一例として、領域33の半径 r_4 、領域34A～34Dの半径 r_5 、及び円周35の半径 R_3 は、それぞれ次のように最大 σ 値(σ)の0.2倍、0.1倍、及び0.9倍に設定されている。

$$r_4 = 0.2\sigma, \quad r_5 = 0.1\sigma \quad \dots (18)$$

$$R_3 = 0.9\sigma \quad \dots (19)$$

本発明者は、(18)式、(19)式の条件を満たす図4の瞳面上の領域33、及び領域34A～34Dよりなる5個の領域で光量が一定となり、それ以外の領域で光量が0となる光量分布のもとで、レチクル面に種々のピッチのコンタクトホールのパターンを配置して、そのパターンの縮小像を投影光学系PLを介してウエハW上に転写した場合に得られるCD(critical dimension)の評価をコンピュータのシミュレーションで行った。なお、このシミュレーションに際して、図1(A)の投影光学系PLの像側(ウエハ側)の開口数 NA_{PL} 、投影倍率 β 、最大 σ 値(σ)の値は図3の場合の(12)式と同じである。

図5の点線の曲線37は、その瞳面上の5個の領域で光量が一定となる場合のCD値のシミュレーション結果を示し、曲線37から分かるように、ピッチ500～700nm程度でCD値が低くなっている。

従って、図3の瞳面上の9個の領域ではほぼ一定の光量となる光量分布を用いた場合の方が、図4の中央の円形の領域を含む5個の領域ではほぼ一定となる光量分布を用いる場合よりも、広いピッチ範囲に亘って高精度にパターンを転写できることが分かる。

[第2の実施形態]

次に、本発明の第2の実施形態につき図10～図17を参照して説明する。本例においても、基本的に図1(A)の走査露光型の投影露光装置を用いて露光を行うものとする。ただし、本例では図1(A)の回折光学素子21の代わりに特性の異なる回折光学素子22A(詳細後述)を使用する。従って、回折光学素子22A、第1プリズム71、及び第2プリズム72が所定の光量分布を設定するための光学部材に対応する。本例でも、可動プリズムとしては、第1の実施形態

と同様にプリズム 7 1、7 2（又は第 1 プリズム 7 1 のみでもよい）が使用されている。

更に、可動プリズムとしては、図 1 0 に示すように、一方向に屈折力がありそれに直交する方向には屈折力の無い 1 対の V 字型の間隔可変のプリズム 7 1 A、
5 7 2 A を用いてもよい。なお、プリズム 7 1 A、7 1 B はそれぞれ中心の矩形領域（本例では平行平板）が光軸 B X とほぼ直交し、かつ周辺部の 2 つの斜面が光軸 B X を含んで図 1（A）の紙面と直交する面に関してほぼ対称となるように配置される。

この構成では、プリズム 7 1 A、7 2 A の間隔可変によって、図 1 0 の紙面内
10 上下方向（例えば、照明光学系 1 2 の瞳面における照明光の光量分布が示される後述の図 1 2 では X 方向に対応）に関する周辺の光量の大きい複数の領域の位置（光軸 B X との距離）が変化する。

以下、本例の照明光学系及び照明方法につき詳細に説明する。本例では図 1
（A）のレチクル R の代わりに、レチクル R A をレチクルステージ 1 4 上にロー
15 ドする。

図 1 1（A）は、図 1（A）中のレチクルステージ 1 4 上にロードされるレチ
クル R A に形成された転写用のパターン（原版パターン）の一例を示し、この図
1 1（A）において、レチクル R A のパターン領域 P A 内には、X 方向の幅 a で
Y 方向の幅 b の四角形の開口パターン 5 1 を X 方向（本例では非走査方向）にピ
20 ッチ P で周期的に配列して構成される一方向密集コンタクトホール用のパターン
5 2 が形成されている。ピッチ P は本例の投影露光装置のほぼ解像限界に近い微
細なピッチ（例えばウエハ W 上での投影像に換算した長さで 1 5 0 n m 程度）で
あり、X 方向の幅 a はピッチ P のほぼ $1/2$ 程度、Y 方向の幅 b は幅 a と同程度
からその 1 0 倍程度まで（ $a \sim 10 a$ 程度）の長さである。パターン 5 2 は、Y
25 方向（本例では走査方向）には孤立パターンとみなすことができる一方向密集パ
ターンである。なお、パターン 5 2 は、開口パターン 5 1 を X 方向に 4 個並べた
周期的なパターンであるが、開口パターン 5 1 の個数は 2 個以上の任意の個数で
よい。更に、開口パターン 5 1 は、遮光膜中に形成された透過パターンであるが、
その代わりに透過部に設けた遮光パターンを用いてもよい。

また、パターン 5 2 に対して Y 方向に離れた位置に、開口パターン 5 1 をピッチ P よりも大きいピッチ Q で X 方向に配列した別の一方方向密集コンタクトホール用のパターン 5 3 も形成されている。パターン 5 2 及び 5 3 は実際には X 方向の長さが数 μm 程度以下の小さいパターンであり、レチクル RA のパターン領域 P A にはそれら以外の各種パターン（不図示）が形成されていてもよい。更に、図 1 1 (B) に示すように、それぞれ開口パターン 5 1 を X 方向にピッチ P で配列したパターン 5 2 A、5 2 B、5 2 C が Y 方向にピッチ P よりもかなり大きいピッチでレチクル RA 上に形成されている場合、各パターン 5 2 A、5 2 B、5 2 C をそれぞれ一方方向密集パターンとみなして、本例の転写対象とすることもできる。なお、複数の周期的なパターンはそれぞれ周期方向に直交する方向（Y 方向）に関して孤立的であるとみなすことができる間隔で配置されていればよく、その数は任意で構わない。

このようなレチクル RA 上の一方方向密集パターンの像を高解像度でウエハ上に転写するために、本例では図 1 (A) に示すように、照明光 I L の光路上に回折光学素子 2 2 A を配置して、所定面としてのフライアイレンズ 5 の射出面 Q 1（瞳面）における照明光 I L の光量分布（強度分布）を所定分布に設定している。

図 1 2 は、本例の図 1 (A) のフライアイレンズ 5 の射出面 Q 1（照明光学系 1 2 の瞳面）における照明光 I L の光量分布を示し、この図 1 2 において、図 1 1 (A) のレチクル RA 上の X 方向（周期的に配列された方向）及び Y 方向（孤立パターンとみなせる方向）に対応する射出面 Q 1 上の方向をそれぞれ X 方向及び Y 方向としている。ここで、図 1 (A) の投影光学系 P L の物体側（レチクル側）の開口数を NA、像側（ウエハ側）の開口数を NA_{PL} とすると、投影倍率 β を用いて次の関係がある。

$$NA = \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots (5) \quad (\text{第 1 の実施形態と同様})$$

更に、照明光学系 1 2 からレチクル RA に入射する照明光 I L の開口数の内の最大値を NA_{IL} として、本例ではその最大の開口数 NA_{IL} の投影光学系 P L の開口数 NA に対する比の値（コヒーレンスファクタ）を最大 σ 値と呼び、最大 σ 値を σ_{IL} とする。即ち、最大 σ 値の照明光とは、照明光 I L の内で最も大きい入射角でレチクル RA に入射する光であり、最大 σ 値 (σ_{IL}) は、次のように表すことができ

る。

$$\sigma_{IL} = NA_{IL} / NA = NA_{IL} / (\beta \cdot NA_{PL}) \quad \cdots (6A)$$

図12に示す照明光学系の瞳面において、最外周の円周26は、投影光学系P
Lの入射側の開口数NAと同じ開口数を持つ仮想的な光束が通過する領域の外周
を表し、その内側の円周27は、最大 σ 値(σ_{IL})の開口数を持つ照明光が通過す
る領域に接する半径 σ の円周を表しており、全ての照明光は円周27の内部を通
過する。円周27の半径 σ は、次のように $\sigma_{IL} \cdot NA$ に等しい。

$$\sigma = NA_{IL} = \sigma_{IL} \cdot NA = \sigma_{IL} \cdot \beta \cdot NA_{PL} \quad \cdots (6B)$$

また、図12では、X軸及びY軸の原点を光軸BX上を取っている。本例の照
明光ILは、図12において、照明光学系12の光軸BXを中心とする半径 r_4
の輪帯の領域54と、その領域54をX方向に挟む2個の半径 r_5 の円形の領域
55A、55Bとを含む3個の領域(斜線を施した領域)でほぼ一定の光量を持
ち、それ以外の領域ではその一定の光量よりも低い光量(本例ではほぼ0)とな
る光量分布を持っている。即ち、3個の領域54、55A、55Bの中心は、照
明光学系の光軸BXを通りX軸(転写対象の一方向密集パターンの周期的に配列
された方向)に平行な直線に沿って配置されており、両端の領域55A及び55
Bの中心と光軸BXとの間隔は共に R_3 である。

そして、輪帯の領域54は、内側の半径が外側の半径 r_4 の $1/2$ の $1/2$ 輪
帯、又は内側の半径が外側の半径 r_4 の $1/3$ 若しくは $2/3$ の $1/3$ 輪帯若し
くは $2/3$ 輪帯等である。なお、輪帯の領域54の代わりに図15(A)に示す
ように、半径 r_4 の円形の領域54Aを用いることも可能である。更に、輪帯の
領域54の代わりに実質的に複数に分割された領域を用いてもよい。具体的に、
輪帯の領域54の代わりに、図15(C)に示すように、Y方向(又はX方向)
に分かれた2つの半円状(又は円形等)の領域54A1及び54A2で光量が大き
くなるような光量分布を用いても良い。この場合、輪帯の領域54の代わりに、
X方向及びY方向(又はこれらの軸に 45° で交差する方向)に4分割された領
域で光量が大きくなるようにしてもよい。また、図12の領域54、55A、55
Bの輪郭付近では、光量は外側に向かって次第に減少する分布を持っていても
よい。中心の領域54が第1領域に対応し、それを挟む2個の領域55A及び5

5 Bがそれぞれ第2領域及び第3領域に対応している。以下では、その半径 r_4 、 r_5 及び距離 R_3 は、それぞれ最大 σ 値(σ_{11})に相当する(6 B)式の半径 σ (最大 σ 値の光束が通過する点と光軸BXとの間隔)を単位として表すものとする。

- 5 本例では、次のように半径 r_4 及び r_5 はそれぞれ $0.1\sigma \sim 0.2\sigma$ 程度の範囲内に設定されることが望ましい。

$$0.1\sigma \leq r_4 \leq 0.2\sigma \quad \dots (21)$$

$$0.1\sigma \leq r_5 \leq 0.2\sigma \quad \dots (22)$$

- 10 半径 r_4 、 r_5 の値が(21)式、(22)式の下限よりも小さくなると、一方向密集パターンの孤立的な方向の光束による投影光学系PLの焦点深度が浅くなり、半径 r_4 、 r_5 の値が(21)式、(22)式の上限よりも大きくなると、一方向密集パターンの周期的な方向の光束による投影光学系PLの焦点深度が浅くなる。また、次のように半径 r_4 と半径 r_5 とはほぼ等しいことが望ましい(詳細後述)。

15 $r_4 \doteq r_5 \quad \dots (23)$

更に、図12の両端の領域55A及び55Bは、最大 σ 値の円周27に内接している。従って、次の関係が成立している。

$$R_3 = \sigma - r_5 \quad \dots (24)$$

- 20 この場合、(21)式～(24)式の条件を満たす図12の瞳面上の領域54、55A、55Bで光量がほぼ一定となり、それ以外の領域で光量がほぼ0となる光量分布が得られるように、図1(A)の回折光学素子22Aの回折特性が設定されている。このためには、回折光学素子22Aは、一例として、光透過性の基板上にほぼ図12のX軸に沿った方向に規則性を持つ凹凸の格子を形成することによって製造することができる。また、回折光学素子22Aは、複数枚の位相型
- 25 の回折格子を組み合わせたものでもよい。これらの場合、回折光学素子22Aは、位相型であるため、光の利用効率が低いという利点がある。なお、回折光学素子22Aとしては、屈折率分布を回折格子状の分布で変化させた光学素子を使用することも可能である。なお、特定の回折特性を持つ回折光学素子の構造及び製造方法については、例えば本出願人による日本国の特開2001-176766号

公報（対応する米国特許第 6, 5 6 3, 5 6 7 号）に詳細に開示されている。

なお、回折光学素子 2 2 A によって得られる光量分布を、図 1 2 の領域 5 4、5 5 A、5 5 B を含む領域でほぼ一定の光量となるようにしておき、図 1 2 の領域 5 4、5 5 A、5 5 B に対応する部分に開口が形成された開口絞りを、図 1

5 (A) のフライアイレンズ 5 の射出面 Q 1（瞳面）に配置してもよい。この場合にも、照明光 I L の利用効率が高いという利点は得られている。

図 1 2 の照明光の光量分布で図 1 1 (A) のレチクル R A の一方向密集コンタクトホールのパターン 5 2（一方向密集パターン）を照明した場合の結像光束について、図 1 3 を参照して説明する。

10 図 1 3 (A) はパターン 5 2 から孤立的な Y 方向に回折される回折光（結像光束）を示し、図 1 3 (B) はパターン 5 2 から周期的な X 方向に回折される回折光（結像光束）を示しており、図 1 3 (A)、図 1 3 (B) において、光束 5 8、5 9 及び 6 0 はそれぞれ図 1 2 の照明光学系の瞳面上の領域 5 4、5 5 A 及び 5 5 B を通過した照明光 I L を示している。光束 5 8、5 9、6 0 によってパターン 5 2（開口パターン 5 1）から発生する回折光は、Y 方向には図 1 3 (A) に示すように、中心で最も強く、傾斜角（回折角）が大きくなるほど強度が低下する分布で発生する。

一方、図 1 3 (B) に示すように、図 1 2 の光軸 B X を中心とする領域 5 4 からの光束 5 8 の照明によってパターン 5 2 から X 方向に発生する回折光には、0 20 次光の他に +1 次光 5 8 P 及び -1 次光 5 8 M がある。この際に、パターン 5 2 はほぼ解像限界であるため、+1 次光 5 8 P 及び -1 次光 5 8 M は図 1 (A) の投影光学系 P L を通過できない。また、図 1 2 の両端の領域 5 5 A 及び 5 5 B からの光束 5 9 及び 6 0 の照明によってパターン 5 2 から X 方向に発生する 0 次光を、図 1 3 (B) に示すようにそれぞれ 0 次光 5 9 及び 6 0 とする。本例のパターン 5 2 はほぼ解像限界であるため、一方の光束 5 9 によるパターン 5 2 からの +1 次光 5 9 P は他方の 0 次光 6 0 と平行に図 1 (A) の投影光学系 P L に入射し、他方の光束 6 0 によるパターン 5 2 からの -1 次光 6 0 M は一方の 0 次光 5 9 と平行に図 1 (A) の投影光学系 P L に入射する。

また、入射する光束 5 8、5 9、6 0 の波長を λ 、0 次光 5 9 のパターン 5 2

の法線に対するX方向の射出角を θ 、0次光60のパターン52の法線に対するX方向の射出角を $-\theta$ として、一方の光束59の中で、図13(B)において隣接する開口パターン51をX方向の間隔Pで通過する光束を光束59A、59Bとする。この場合、光束59Aの+1次光59APと光束59Bの+1次光59BPとの光路長の差分 ΔA は、次のように波長 λ に等しくなる。

$$\Delta A = 2 \cdot P \cdot \sin \theta = \lambda \quad \cdots (25)$$

また、図12の領域55A、55Bと光軸BXとのX方向の間隔R3が、次のように図13(B)の光束59、60の0次光の射出角 θ の正弦 $\sin \theta$ に対応している。

$$R3 = \sigma - r5 = \sin \theta \quad \cdots (26)$$

なお、(26)式は、図1(A)の照明光学系12中の射出面Q1(瞳面)とレチクル面との間の部分光学系の射出面Q1側の焦点距離 f_{Q1} を1とおいた場合に対応している。(25)式及び(26)式から次の関係が成立する。(26)式の間隔R3の単位は無いため、次式の両辺の単位は共に長さになる。

$$P = \lambda / (2 \cdot R3) = \lambda / \{2(\sigma - r5)\} \quad \cdots (27A)$$

言い換えると、(27A)式が本例の投影露光装置の物体面(レチクル面)でのX方向(周期方向)の解像限界を示しており、 σ を大きくするか又は半径 $r5$ を小さくして間隔R3を大きくするほど、解像限界であるピッチPを小さくすることができる。ピッチPを次のようにウエハ上での長さに換算したピッチ $\beta \cdot P$ は、投影光学系PLの像面(ウエハ面)でのX方向の解像限界となる。

$$\beta \cdot P = \beta \cdot \lambda / \{2(\sigma - r5)\} \quad \cdots (27B)$$

本例において、波長 λ を193.306 nmとして、一例として投影光学系PLのウエハ側の開口数 NA_{PL} を0.85、投影光学系PLの投影倍率 β を1/4、照明光学系12の σ 値である σ_{IL} を0.90、図12の領域55A、55Bの半径 $r5$ を0.14 σ として、これを「第1の照明条件」と呼ぶ。この条件下での像面側での解像限界 $\beta \cdot P$ は、(6B)式、(27B)式の関係より、次のようにほぼ147 nmとなる。

$$\beta \cdot P = 146.7 \text{ (nm)} \quad \cdots (28)$$

図12は、図1(A)の投影光学系PLの瞳面Q3におけるX方向の光量分布

を示す図とも見なすことが可能である。この場合、図12の領域54、55A、55Bは照明光ILの0次光が通過する位置に対応し、図11(A)のパターン52による照明光ILのX方向の+1次光は、円周27内の光量分布を、光軸BX（投影光学系PLの光軸AX）から+X方向に間隔 $2 \cdot R_3$ だけ離れた点56Aを中心とする円周57A内の領域に平行移動した分布となる。同様に、パターン52による照明光ILのX方向の-1次光は、円周27内の光量分布を、光軸BX（光軸AX）から-X方向に間隔 $2 \cdot R_3$ だけ離れた点56Bを中心とする円周57B内の領域に平行移動した分布となる。この場合、領域55B（又は55A）を通過する光束（0次光）の+1次光（又は-1次光）が領域55A（又は55B）を通過するため、パターン52の像は高解像度でウエハ上に投影される。

また、領域55B（55A）を通過する光束の+1次光（-1次光）が一部でも円周26内にかかっているならば、パターン52の像は結像されるため、像面側での実際の解像限界 $\beta \cdot P$ は(28)式よりも小さい値となる。

本例に関して、本発明者は、図12の中央の領域54の半径 r_4 と両端部の領域55A、55Bの半径 r_5 との最適なバランスを求めるために、半径 r_4 を次第に変化させながらコンピュータのシミュレーションによって投影光学系PLによる像の焦点深度(DOF)を計算した。この際の半径 r_4 以外の条件は上記の第1の照明条件と同じであり、半径 r_5 は 0.14σ である。また、図11

(A)のパターン52のピッチPをほぼ解像限界である 145 nm として、開口パターン51のX方向の幅 a を 70 nm 、Y方向の幅 b を 500 nm とした。なお、ピッチP、及び幅 a 、 b はそれぞれ投影光学系PLの像面上に換算した長さである。

図14の曲線61は、そのシミュレーション結果を示し、図14の横軸は図12の中心の領域54（中心 σ ）の半径 r_4 （単位は σ ）、縦軸は半径 r_4 の値に対応する焦点深度(DOF)（nm）の計算結果である。その曲線61から分かるように、半径 r_4 が $0.1\sigma \sim 0.2\sigma$ の範囲内ではほぼ 100 nm 以上の焦点深度が得られている。また、半径 r_4 が $\sigma_1 (=0.14\sigma)$ のとき、即ちほぼ半径 $r_4 = r_5$ が成立するときに、最も深い焦点深度が得られている。この場合、

基板としてのウエハ上に或る程度の凹凸が存在したり、投影光学系 P L の収差などによって前述の露光領域内で像面に湾曲などが生じていても、又は例えば走査露光方式で露光する際に或る程度のフォーカス位置の追従誤差が残存していても、一方向密集パターンを高解像度で転写できる。なお、半径 r_4 が 0.1σ 程度より小さくなると、図 1 1 (A) のパターン 5 2 の孤立的な方向の結像光束の焦点深度が狭くなる。一方、半径 r_4 が 0.2σ 程度より大きくなると、図 1 2 の中心の領域 5 4 からの光束のフレア効果によって、図 1 1 (A) のパターン 5 2 の周期的な方向の結像光束の焦点深度が狭くなる。

また、図 1 1 (A) のパターン 5 2 から離れた位置にある一方向密集コンタクトホールのパターン 5 3 は、配列方向がパターン 5 2 と同じであり、かつピッチ Q はピッチ P よりも大きいため、上記の照明条件のもとでウエハ上に高解像度で転写される。

上述のように、本例の図 1 2 の瞳面上の光量分布を用いることによって、図 1 1 (A) の一方向密集コンタクトホールのパターン 5 2 を含むレチクル R A のパターンは、X 方向及び Y 方向に高解像度でウエハ W 上に転写することができる。

なお、例えば図 1 1 (A) のレチクル R A 上に X 方向を周期方向とする一方向密集パターンと、Y 方向を周期方向とする一方向密集パターンとが形成されている場合には、そのうちのピッチの最も小さいパターンの周期方向に平行に、図 1 2 の照明光が通過する 3 個の領域 5 4、5 5 A、5 5 B の配列方向を設定すればよい。このとき、3 個の領域 5 4、5 5 A、5 5 B は照明光学系 1 2 の瞳面上で光軸 B X を通るか、かつピッチが最も小さい一方のパターンの周期方向に平行な直線上に配置してもよいが、中央の領域 5 4 を除く 2 個の領域 5 5 A、5 5 B の少なくとも一方は、他方のパターンの周期方向に平行な方向に関する光軸 B X との距離が零でなくてもよいし、例えばその他方のパターンのピッチなどに応じてその距離を設定してもよい。

また、上記の実施形態の投影光学系 P L の像側の開口数 NA_{PL} 、投影倍率 β 、及び照明光学系 1 2 の最大 σ 値 (σ_{IL}) は、上記の値に限らず任意の値を取ることができる。例えば、最大 σ 値 (σ_{IL}) 又は図 1 2 の間隔 R 3 を制御するには、図 1 (A) のプリズム 7 1 及び 7 2 の間隔を変化させて、図 1 2 の光量分布のうち周

辺の光量の大きい領域 5 5 A 及び 5 5 B の半径方向の位置（X 方向に関する光軸 B X との距離）を変化させればよい。プリズム 7 1、7 2 の代わりに、図 1 0 の V 字型のプリズム 7 1 A、7 2 A を用いても、同様に最大 σ 値を制御できる。

5 なお、図 1 2 の光量分布において、中心の領域 5 4 の光量（例えば単位面積当たりの強度）と周辺の 2 個の領域 5 5 A、5 5 B の光量とを異ならせてもよい。これらの光量の相対的な大きさは、例えば転写するパターン毎に最適な解像度が得られるように調整してもよい。更に、本例において、図 1 2 の周辺の領域 5 5 A 及び 5 5 B に分布する光を直線偏光としてもよい。この際に、一例としてその周辺領域 5 5 A、5 5 B に分布する光を偏光方向が接線方向（入射面に対して垂直な方向）である S 偏光としてもよい。これによって、特定のパターンに対する解像度等が向上する場合がある。

15 なお、光源 1 から発生して前述した周辺の光量の大きい 3 個の領域にそれぞれ分布する光が非偏光、またはその偏光方向が接線方向と一致していないときは、例えば回折光学素子 2 1（偏向部材）とフライアイレンズ 5 との間で、各領域に分布する光が通る光路上に $1/2$ 波長板又は $1/4$ 波長板などの偏光設定部材を配置して、偏光方向が接線方向とほぼ一致する直線偏光の光束に変換することが好ましい。このとき、前述した一対のプリズムのうち光軸 B X に沿って可動でかつ最も上流側（光源側）に配置される 1 つのプリズム（可動部材）の入射側、例えばレンズ 4 との間、または前述の回折光学素子とレンズ 4 との間に偏光設定部材を設けることが好ましい。この場合、回折光学素子の交換または一対のプリズムの間隔変更などによる光束の進行方向（光路）の変化に応じて偏光設定部材を移動する、あるいはその変化を見込んで偏光設定部材を大きく形成する必要がない。

25 また、本例の回折光学素子 2 2 A は所定面としての照明光学系 1 2 の瞳面上での光量分布を所定の状態に設定しているが、その所定面を図 1（A）の投影光学系 P L の瞳面 Q 3 とすることも可能である。このとき、その回折光学素子 2 2 A によって、レチクル R A が存在しない場合に、投影光学系 P L の瞳面 Q 3 において、光軸 A X を含む第 1 領域及びそれを挟む 2 個の領域においてほぼ一定となり、それ以外の領域でそれより低い光量となる光量分布が設定される。

なお、本例では、瞳面上において光量がほぼ一定の領域 5 4、5 5 A、5 5 B はそれぞれ円形（又は輪帯）であるが、それらの領域の外形をそれぞれ楕円形の領域とすることも可能である。また、各領域の外形を次のように角形領域とすることも可能であり、さらには円形（又は楕円形）領域と角形領域とを組み合わせることも可能である。

図 1 5（B）はその瞳面上で可能な別の光量分布を示し、図 1 5（B）に示すように、その光量分布は、中央の角形（正方形の他に正 6 角形等も可）の枠状の領域 5 4 B、及びそれを X 方向に挟む 2 個の角形の領域 5 5 C、5 5 D でほぼ一定の光量となり、それ以外の領域でそれよりも低くなっている。この場合、その角形（又は枠状）の領域の位置及び面積は、それぞれ図 1 2 の領域 5 4、5 5 A、5 5 B の位置及び面積とほぼ同じであればよい。

次に、上記の（2 7 A）式又は（2 7 B）式より、図 1 2 の瞳面上の照明光の光量分布において、円周 2 7 の半径である σ を大きくするとともに、両端の領域 5 5 A、5 5 B の半径 r_5 を小さくするほど、解像限界 P（又は βP ）を小さくできることが分かる。しかしながら、半径 r_5 が 0.1σ 程度より小さくなると、焦点深度が浅くなって来る。そこで、以下では、実質的に半径 r_5 を小さくして解像度を向上できると共に、焦点深度は深く維持できる方法につき説明する。そのため、図 1（A）のレボルバ 2 4 には僅かに異なる回折特性を持つ第 2 の回折光学素子 2 2 B が設けられている。この第 2 の回折光学素子 2 2 B を照明光 I L の光路上に設置した場合には、フライアイレンズ 5 の射出面 Q 1（瞳面）では、図 1 6（A）の 3 個の領域 6 2、6 3 A、6 3 B でほぼ一定の光量となり、それ以外の領域でそれより低い（本例ではほぼ 0）光量となる光量分布が得られる。

図 1 6（A）は、第 2 の回折光学素子 2 2 B を用いた場合の図 1（A）のフライアイレンズ 5 の射出面 Q 1（照明光学系 1 2 の瞳面）における照明光 I L の光量分布を示し、この図 1 2 に対応する部分に同一符号を付した図 1 6（A）において、図 1（A）の照明光学系 1 2 の光軸 B X を中心とする半径 r_6 の円形の領域 6 2（第 1 領域）を X 方向に挟むように、光軸 B X から各中心までの間隔が R_4 となるように 2 つの Y 方向に細長い X 方向の幅 t で Y 方向の長さ h （ $h > t$ ）の楕円状の領域 6 3 A、6 3 B（第 2 領域及び第 3 領域）が設定されている。こ

の例でも、中央の領域 6 2 は、輪帯であってもよい。2 つの細長い楕円状の領域 6 3 A 及び 6 3 B は、それぞれ半径 σ の円周 2 7 内の領域と、光軸 B X からの間隔が R 5 の位置 6 4 A 及び 6 4 B を中心とする半径が N A（又は σ も可能である）の円周 6 5 A 及び 6 5 B 内の領域とが重なった領域である。この際に、間隔 R 4 は、図 1 2 の光軸 B X から領域 5 5 A、5 5 B の中心までの間隔 R 3 よりも長く設定され、間隔 R 4 及び R 5 は次のように表すことができる。

$$R 4 = (\sigma - t / 2) > R 3 \quad \dots (29A)$$

$$R 5 = R 4 + N A - t / 2 \quad \dots (29B)$$

その $R 4 > R 3$ の関係を成立させるためには、(22) 式が成立するものとして、楕円状の領域 6 3 A、6 3 B の X 方向の幅 t の $1/2$ は、一例としてほぼ次の範囲に設定される。同様に中央の円形の領域 6 2 の半径 $r 6$ は、ほぼ $t/2$ の 2 倍程度の範囲内に設定される。

$$0.025\sigma \leq t/2 \leq 0.075\sigma \quad \dots (30)$$

$$0.05\sigma \leq r 6 \leq 0.16\sigma \quad \dots (31)$$

更に、望ましくは、 $t/2$ は 0.05σ 程度に設定される。これらの場合の (27A) 式に対応する投影光学系 P L の物体面での X 方向の解像限界 P は、次のように (27A) 式の値よりも小さくなる。

$$P = \lambda / (2 \cdot R 4) < \lambda / (2 \cdot R 3) \quad \dots (32)$$

図 1 6 (A) の照明条件に関しても、本発明者は、中央の領域 6 2 の半径 $r 6$ と両端部の楕円状の領域 6 3 A、6 3 B の半幅 ($t/2$) との最適なバランスを求めるために、半径 $r 6$ を次第に変化させながらコンピュータのシミュレーションによって投影光学系 P L による像の焦点深度 (DOF) を計算した。この際の照明条件 (第 2 の照明条件) は、波長 λ が 193.306 nm、投影光学系 P L のウエハ側の開口数 NA_{PL} が 0.85、投影倍率 β が $1/4$ 、照明光学系 1 2 の σ 値である σ_{12} が 0.93、楕円状の領域 6 3 A、6 3 B の半幅 ($t/2$) が 0.05σ である。また、転写対象の図 1 1 (A) のパターン 5 2 のピッチ P をほぼ解像限界である 140 nm として、開口パターン 5 1 の X 方向の幅 a を 70 nm とした。なお、ピッチ P 及び幅 a はそれぞれ投影光学系 P L の像面上に換算した長さである。

図17の曲線66は、そのシミュレーション結果を示し、図17の横軸は図16(A)の中心の領域62(中心 σ)の半径 r_6 (単位は σ)、縦軸は半径 r_6 の値に対応する焦点深度(DOF)(nm)の計算結果である。その曲線66から分かるように、半径 r_6 が $0.05\sigma \sim 0.16\sigma$ 程度の範囲内ではほぼ250nm以上の焦点深度が得られている。また、半径 r_6 が $\sigma_2 (=0.11\sigma)$ のとき、即ちほぼ半径 $r_6 = t$ が成立するときに、最も深い焦点深度(約350nm)が得られている。従って、図16(A)の照明条件を用いることによって、一方向密集パターンに対してより高い解像度が得られると共に、深い焦点深度が得られる。本例では、図16(A)の両端の領域63A、63BのX方向(周期方向)の幅は狭くなっても、領域63A、63Bの面積は図12の領域55A、55Bの面積とほぼ同程度であるため、深い焦点深度が得られている。

なお、図16(A)の中央の円形の領域62の代わりに、図16(B)に示すように、周辺の楕円状の領域63A、63Bの長手方向と直交する方向(即ち、3つの領域の配列方向と平行な方向)であるX方向を長手方向とする楕円状の領域62Aで光量が大きくなる光量分布を用いてもよい。図16(B)の光量分布において、楕円状の領域62Aを挟む2つの楕円状の領域63A、63Bでも光量が大きくなる。このように中央の領域62Aを楕円状とすることで、光量を減少させることなく一方向密集パターンに対して孤立方向の解像度を改善できる場合がある。

また、図16(A)、図16(B)の光量分布において、中央の領域62、62Aの光量(例えば単位面積当たりの強度)と周辺の領域63A、63Bの光量とを異ならせてもよい。

更に、図16(A)、図16(B)の周辺の領域63A、63Bに分布する光を直線偏光(例えば長手方向が偏光方向)としてもよい。特に、図16(B)の光量分布では、一例としてその周辺の楕円状の領域63A、63Bに分布する光を、偏光方向が矢印PC、PBで示すようにその長手方向(即ち、図11(A)のレチクルのパターンの孤立方向に対応する方向)である直線偏光(S偏光)とすることが好ましい。この際に更に、その中央の楕円状の領域62Aに分布する光を、偏光方向が矢印PAで示すようにその長手方向(即ち、図11(A)のレ

チクルのパターンの周期方向に対応する方向)である直線偏光とすることが好ましい。これによって、特定のパターンに対する解像度等が向上する場合がある。

なお、図16(A)、図16(B)の光量分布で周辺の領域63A、63Bに分布する光が非偏光またはその偏光方向が長手方向(接線方向)と一致していないときは、上記と同様に、例えば回折光学素子とフライアイレンズ5との間に偏光設定部材を設けることが好ましい。同様に、図16(B)の光量分布で中央の領域62Aに分布する光が非偏光またはその偏光方向が長手方向と一致していないときも、前述の偏光設定部材によってその偏光状態を調整することが好ましい。

[第3の実施形態]

次に、本発明の第3の実施形態につき図18～図21を参照して説明する。第1の実施形態が所定の光量分布を設定するための光学部材として回折光学素子21、22を含む部材を用いたのに対して、本例はその光学部材として開口絞りをを用いるものであり、図18において、図1(A)に対応する部分には同一符号を付してその詳細説明を省略する。

図18は、本例の投影露光装置の構成を示し、この図18において、露光光源1からの照明光ILは、ビームエキスパンダ2及びミラー3を経てフライアイレンズ5に入射する。本例のフライアイレンズ5の射出面Q1(照明光学系12の瞳面)には、所定面としての射出面Q1で所定の光量分布を得るための光学部材としての開口絞り(σ 絞り)42が配置されている。開口絞り42は、レボルバ41に取り付けられており、レボルバ41には、他の開口絞り44、及び更に別の開口絞り(不図示)も取り付けられている。本例では、主制御系17が、駆動部43を介してレボルバ41の回転角を制御して、射出面Q1(瞳面)に開口絞り42、44等の何れかを設置することによって、照明条件を切り替えることができるように構成されている。

開口絞り42を通過した照明光ILは、コンデンサレンズ系6、視野絞り7、8、結像用レンズ系9、ミラー10、及び主コンデンサレンズ系11を介して、マスクとしてのレチクルRのパターン面(レチクル面)の細長い照明領域を一樣な強度分布で照明する。露光光源1、ビームエキスパンダ2、ミラー3、フライアイレンズ5、開口絞り42(又は他の開口絞り)、コンデンサレンズ系6、視

野絞り 7、8、結像用レンズ系 9、ミラー 10、及び主コンデンサレンズ系 11 より本例の照明光学系 12 が構成されている。その他の構成は図 1 (A) の実施形態と同様である。

本例においても、転写対象のレチクル R 上のパターンは、図 2 に示すような 3 種類の異なるピッチのコンタクトホールを含むパターンであるとする。これに応じて、図 18 の開口絞り 42 は、図 3 の光量分布と同じ光量分布を得るために、遮光板中に 9 個の開口が形成されたものである。

図 19 は、その開口絞り 42 の形状を示し、図 19 において、遮光板よりなる開口絞り 42 には、照明光学系 12 の光軸 B X を中心とする円形の開口 45 と、その開口 45 を囲む第 1 円周に沿って中心が配置された 4 個の円形の開口 46 A、46 B、46 C、46 D と、その開口 46 A ~ 46 D を囲む第 2 円周に沿って中心が配置された 4 個の円形の開口 47 A、47 B、47 C、47 D とを含む互いに離れた 9 個の開口が形成されている。また、開口 45、開口 46 A ~ 46 D、及び開口 47 A ~ 47 D の位置及び形状は、それぞれ図 3 の光量分布上で光量がほぼ一定の領域 28、領域 29 A ~ 29 D、及び領域 30 A ~ 30 D と同じである。

従って、開口絞り 42 を用いることによって、フライアイレンズ 5 の射出面 Q1 (瞳面) 上での光量分布は、第 1 の実施形態と同様に図 3 に示す 9 個の領域でほぼ一定となり、それ以外の領域で低くなるため、図 2 のような種々のピッチのコンタクトホールを含むレチクルのパターンの像を一度に高解像度でウエハ上に転写することができる。本例のように開口絞り 42 を用いる場合には、照明光 I L の利用効率は低下するが、簡単な構成で所定面 (照明光学系 12 の瞳面等) での光量分布を正確に所望の状態に設定できるという利点がある。

また、図 19 の開口絞り 42 の代わりに、あるいはそれと組み合わせて、図 20 に示すように、中央の開口を輪帯状の開口 45 R とした開口絞り (これも 42 とする) を用いてもよい。この場合には、図 6 (A) と同様の光量分布が正確に、且つ容易に得られるため、解像度や焦点深度を更に改善することができる。なお、図 20 の開口絞り 42 でそれぞれ半径方向に並ぶ 2 つの開口を連結することで、図 6 (B) と同様の光量分布を形成できる。

また、図18の開口絞り44は、図21に示すように、図7(A)の輪帯の領域33R及び領域34A～34Dに対応する部分がそれぞれ輪帯状の開口48R及び円形の開口49A～49Dとされた絞りである。従って、開口絞り44をフライアイレンズ5の射出面Q1(瞳面)に設置することによって、その瞳面上での光量分布は、図7(A)と同様に5箇所領域でほぼ一定となり、それ以外の領域でほぼ0となるため、種々のピッチのパターンに対して広い焦点深度で高解像度が得られる。

なお、図21の開口絞り44で輪帯状の開口48Rと円形の開口49A～49Dとを連結することで、図7(B)と同様の光量分布を形成できる。

なお、本実施形態では開口絞り42、44でそれぞれ開口以外が遮光部であるものとしたが、その開口以外を減光部(光透過率が小さい部分)としてもよい。この場合、照明系の瞳面上での光量分布は、図3、図6(A)、図7(A)と同様に5箇所又は9箇所の領域以外で光量が零とならない。また、本実施形態では開口絞りを照明光学系12の瞳面又はその共役面に配置するものとしたが、例えばフライアイレンズ5の入射面に近接して配置してもよい。

[第4の実施形態]

次に、本発明の第4の実施形態につき図22を参照して説明する。第2の実施形態が所定の光量分布を設定するための光学部材として図1(A)の回折光学素子22A、22Bを含む部材を用いたのに対して、本例はその光学部材として開口絞りを用いるものである。そのため、本例においては、第3の実施形態と同様に基本的に図18の走査露光型の投影露光装置を用いて露光が行われる。ただし、本例では図18の開口絞り42及び44の代わりにそれぞれ後述の開口絞り42A及び42Bが使用され、レチクルステージ14上にはレチクルRの代わりに図11(A)のレチクルRAがロードされる。

本例においても、転写対象のレチクルRA上のパターンは、図11(A)に示すX方向にピッチPで配列された一方向密集コンタクトホールのパターン52を含むパターンであるとする。これに応じて、図18の開口絞り42Aは、図12の光量分布と同じ光量分布を得るために、遮光板中に3個の開口が形成されたものである。

図 2 2 (A) は、その開口絞り 4 2 A の形状を示し、図 2 2 (A) において、遮光板よりなる開口絞り 4 2 A には、図 1 8 の照明光学系 1 2 の光軸 B X を中心とする輪帯の開口 6 6 と、その開口 6 6 を X 方向に挟むように配置された 2 つの円形の開口 6 7 A、6 7 B とを含む互いに離れた 3 個の開口が形成されている。

5 また、開口 6 6、6 7 A、6 7 B の位置及び形状は、それぞれ図 1 2 の光量分布上で光量がほぼ一定の領域 5 4、5 5 A、5 5 B と同じである。

従って、開口絞り 4 2 A を用いることによって、フライアイレンズ 5 の射出面 Q 1 (瞳面) 上での光量分布は、第 2 の実施形態と同様に図 1 2 に示す 3 個の領域でほぼ一定となり、それ以外の領域で低くなるため、図 1 1 (A) のような一方向密集コンタクトホールのパターン 5 2 を含むレチクルのパターンの像を X 方向及び Y 方向に高解像度でウエハ上に転写することができる。本例のように開口

10 絞り 4 2 A を用いる場合には、照明光 I L の利用効率は低下するが、簡単な構成で所定面 (照明光学系 1 2 の瞳面又はその共役面等) での光量分布を正確に所望の状態に設定できるという利点がある。

15 また、図 1 8 の第 2 の開口絞り 4 2 B は、図 2 2 (B) に示すように、図 1 6 (A) の円形の領域 6 2 及び細長い楕円状の領域 6 3 A、6 3 B に対応してそれぞれ開口 6 8 及び細長い楕円状の開口 6 9 A、6 9 B が形成された絞りである。従って、開口絞り 4 2 B を図 1 8 のフライアイレンズ 5 の射出面 Q 1 (瞳面) に設置することによって、図 1 6 (A) の照明条件を用いる場合と同様に、一方向

20 密集コンタクトホールのパターンをより高い解像度で、かつ深い焦点深度でウエハ上に転写することができる。なお、本実施形態では図 2 2 (A)、図 2 2

(B) に示した開口絞り 4 2 A、4 2 B だけでなく、例えば図 1 5 (A) ~ 図 1 5 (C) 及び図 1 6 (B) に示した光量分布を形成する開口絞りなども使用することができる。

25 なお、本実施形態では開口絞りを照明光学系 1 2 の瞳面又はその共役面だけでなく、例えばフライアイレンズ 5 の入射面に近接して配置してもよい。また、本実施形態では開口絞り 4 2 A、4 2 B でそれぞれ開口以外が遮光部であるものとしたが、その開口以外を減光部 (光量の少ない部分) としてもよい。この場合、照明光学系 1 2 の瞳面上での光量分布は前述した 3 個の領域以外で光量が零とな

らない。

〔第5の実施形態〕

次に、本発明の第5の実施形態につき図23を参照して説明する。上記の第1～第4の実施形態がオプティカル・インテグレータ（ユニフォマイザ又はホモジ
5 ナイザ）としてフライアイレンズを用いているのに対して、本例は、オプティカル・インテグレータとして、内面反射型インテグレータ、例えばロッド型インテグレータを使用するものである。

図23は、本例の投影露光装置の照明光学系の要部を示し、この図23の光学系は、例えば図1（A）の照明光学系12のミラー3と固定視野絞り7との間に
10 配置される。図23において、不図示の露光光源からの照明光ILは、第1の実施形態と同じ構成の回折光学素子21、又は第2の実施形態と同じ構成の回折光学素子22Aに入射する。回折光学素子21（又は22A）からの回折光は、リレーレンズ152を介して所定面としての面Q4上の9個（又は3個）の領域に集光される。また、面Q4を通過した照明光ILは、コンデンサレンズ153を
15 介してロッドインテグレータ151の入射面に集光される。この場合、面Q4はほぼコンデンサレンズ153の前側焦点面にあり、ロッドインテグレータ151の入射面はほぼコンデンサレンズ153の後側焦点面にある。

また、ロッドインテグレータ151の射出面Q5は、レチクル面との共役面であり、この射出面Q5近傍に固定視野絞り154が配置され、この近くに可動視野絞り（不図示）も配置されている。そして、ロッドインテグレータ151から
20 射出される照明光ILは、図1（A）の結像用レンズ系9及び主コンデンサレンズ系11と同様の光学系を経て不図示のレチクルのパターンを照明する。

本例においても、回折光学素子21（又は22A）の使用によって、面Q4上で図3（又は図12）のような光量分布が設定されるため、種々のピッチのコンタクトホールを含むパターン（又は一方向密集コンタクトホールを含むパターン）の像を一度に高精度にウエハ上に転写することができる。
25

また、本例においても、回折光学素子21を用いる代わりに、面Q4上に図19、図20の開口絞り42と同様の9個の開口を備えた開口絞り、又は図21の開口絞り44と同様の5個の開口を備えた開口絞りを配置してもよい。更に、前

述の如く本例でも、照明光学系の瞳面上の光量分布で光量が高められる複数の領域、例えば9個、5個、又は3個の領域の少なくとも1つでの光束の偏光状態を調整する必要があるときは、例えば面Q 4上に前述の偏光設定部材を設置してもよい。

5 更に、図2 3において、回折光学素子2 2 Aの代わりに、図1 6 (A)の光量分布を設定するための図1 (A)の回折光学素子2 2 Bを配置してもよい。また、回折光学素子2 2 A (又は2 2 B)を用いる代わりに、面Q 4上に図2 2 (A)、図2 2 (B)の開口絞り4 2 A又は4 2 Bと同様の開口絞りを配置してもよい。また、前述の如く照明光学系1 2の瞳面上の光量分布で光量が高められる3個の
10 領域の少なくとも1つでの光束の偏光状態を調整する必要があるときは、例えば面Q 4上に前述の偏光設定部材を配置してもよい。

また、例えば図2 3のレンズ1 5 2と面Q 4との間に図1 (A)の1対の間隔可変のプリズム7 1、7 2 (可動プリズム)を配置して、周辺の光量の大きい領域の半径方向の位置を可変としてもよい。

15 なお、ロッドインテグレータ1 5 1としては、四角形、六角形などの多角柱状、或いは円柱状等の光透過性の光学部材、又はそのような多角柱状又は円柱状等の中空の金属等の反射部材を使用することができる。

また、コンデンサレンズ1 5 3による照明光 (回折光) I Lの集光点はロッドインテグレータ1 5 1の入射面からずらしておく和良好的。

20 更に、本実施形態では面Q 4を所定面 (照明系の瞳面又はその共役面に相当)としているが、所定面はこれに限られるものでなく、例えばロッドインテグレータ1 5 1とレチクルR (又はレチクルR A)との間としてもよい。また、回折光学素子2 1 (又は2 2 A等)の代わりに、或いはそれと組み合わせて、例えば開口絞り4 2、4 4 (又は4 2 A、4 2 B)のいずれかを用いるとき、その開口絞
25 りをロッドインテグレータ1 5 1の下流側 (レチクル側)に配置してもよい。

なお、上記第1及び第5の実施形態において、前述の回折光学素子と開口絞りの両方を用いて照明光学系の瞳面上での照明光 I Lの光量分布を設定する場合、回折光学素子から発生する回折光が開口絞り上で図3又は図7 (A)に示したように分布するときに、照明光の利用効率が最も高くなる (照明光の光量損失が最

も少なくなる)が、その回折光を正確に図3又は図7(A)のように分布させなくてもよい。即ち、照明光の利用効率が低くなるが、前述の回折光学素子(21, 22)と異なる回折光学素子を用いて9つ又は5つの領域以外をも含む所定領域にその回折光を分布させてもよい。

- 5 また、前述の回折光学素子と併用される開口絞りは、必ずしも図19～21に示した5個又は9個の開口を有していなくてもよく、要は回折光学素子から発生して照明系の瞳面又はその共役面に分布する回折光(照明光IL)の光量分布を、例えば図3、図6(A)、図7(A)に示した光量分布に設定する遮光部又は減光部を有していればよい。例えば、図3又は図4の光量分布の設定に用いる回折
- 10 光学素子と、その光量分布の中心領域28又は33の中央部を部分的に遮光又は減光する開口絞りとを併用して、図6(A)又は図7(A)の光量分布を設定してもよく、この開口絞りにはその設定すべき光量分布(光量が高められる5個又は9個の領域)に対応する開口を形成する必要がない。

- また、上記第1及び第5の実施形態において、照明光学系内に配置される回折
- 15 光学素子とオプティカル・インテグレータ(5; 151)との間に設けられる光学系(4; 152, 153)の少なくとも一部をズームレンズ(アフォーカル系)として、照明光学系の瞳面上で照明光ILが分布する9つ又は5つの領域の大きさを可変としてもよい。さらに、その光学系(4; 152, 153)に、前述した間隔可変の少なくとも一対のプリズムを組み込んでもよい。このとき、中
- 20 心領域(28; 33)に照明光ILを分布させるために、一対のプリズムの頂角付近をそれぞれ切り取って、中心領域に分布する照明光ILの一部が通過する部分を、照明光学系の光軸BXとほぼ垂直な平面としておく。

- なお、上記第1及び第5の実施形態では、照明光学系内に交換して配置される複数の回折光学素子のみからなる、或いはその複数の回折光学素子と、前述した
- 25 ズームレンズと一対のプリズムとの少なくとも一方が組み込まれる光学系とを組み合わせた成形光学系(光学部材に相当)によって、オプティカル・インテグレータがフライアイレンズ5であるときはその入射面上での照明光ILの強度分布を変化させ、オプティカル・インテグレータが内面反射型インテグレータ151であるときはその入射面に入射する照明光ILの入射角度範囲を変化させること

で、照明光学系の瞳面上での照明光 I L の光量分布（2 次光源の大きさや形状）、即ちレチクルの照明条件を任意に変更できるようになっている。このとき、レボルバ 2 4 に保持される複数の回折光学素子は、前述の回折光学素子 2 1、2 2 だけに限られるものでなく、例えば小 σ 照明、輪帯照明、2 極照明、及び 4 極照明
5 でそれぞれ使用される 4 つの回折光学素子の少なくとも 1 つを含んでいてもよい。また、その成形光学系に前述の開口絞りを組み合わせてもよい。このとき、例えば成形光学系のうち開口絞り以外（前述の回折光学素子などを含む）はオプティカル・インテグレータよりも上流側（光源 1 との間）に配置し、その開口絞りはオプティカル・インテグレータよりも下流側に配置してもよい。

10 また、上記第 1、第 3、第 5 の実施形態では、図 2 に示した 3 つのパターン 2 5 A ~ 2 5 C はそれぞれピッチが X 方向と Y 方向とで等しくなっているため、図 3 に示したように照明光学系の瞳面上で照明光 I L が分布する 9 つの領域が配置される直線 3 1 A、3 1 B が照明光学系の光軸で直交するが、3 つのパターン 2 5 A ~ 2 5 C のピッチが X 方向と Y 方向とで異なる場合は直線 3 1 A、3 1 B が
15 照明光学系の光軸で直交しない、即ち 4 つの中間の領域 2 9 A ~ 2 9 D でそれぞれ照明光学系の光軸との距離が X 方向と Y 方向とで異なり、かつ 4 つの最外周の領域 3 0 A ~ 3 0 D でそれぞれ照明光学系の光軸との距離が X 方向と Y 方向とで異なることになる。なお、レチクルに形成するパターン数（種類）は 3 つに限られるものでなく、2 つあるいは 4 つ以上でもよいし、パターンの配列方向が X
20 方向及び Y 方向と必ずしも一致していなくてもよい。

また、上記第 1、第 3、第 5 の実施形態では前述した間隔可変の複数のプリズムによって、照明光学系 1 2 の瞳面上で光量が高められる、中心の領域を除く 4 個又は 8 個の領域の各位置（照明光学系の光軸 B X との距離）を可変としたが、その周辺の領域は 4 個又は 8 個に限定されるものでなく、例えば 2 個でも構わな
25 い。

なお、上記第 2 及び第 5 の実施形態において、前述の回折光学素子と開口絞りの両方を用いて照明光学系の瞳面上での照明光 I L の光量分布を設定する場合、回折光学素子から発生する回折光が開口絞り上で図 1 2 又は図 1 6（A）に示したように分布するときに、照明光の利用効率が最も高くなる（照明光の光量損失

が最も少なくなる)が、その回折光を正確に図12又は図16(A)のように分布させなくてもよい。即ち、照明光の利用効率が低くなるが、前述の回折光学素子22A、22Bと異なる回折光学素子を用いて3つの領域以外をも含む所定領域にその回折光を分布させてもよい。

5 また、前述の回折光学素子と併用される開口絞りは、必ずしも図22に示した3つの開口を有していなくてもよく、要は回折光学素子から発生して照明系の瞳面又はその共役面に分布する回折光(照明光IL)の光量分布を、例えば図12、図15、図16(A)に示した光量分布に設定する遮光部又は減光部を有していればよい。例えば、図15(A)の光量分布の設定に用いる回折光学素子と、その光量分布の中心領域54Aの中央部を部分的に遮光又は減光する開口絞りとを併用して、図12の光量分布を設定してもよく、この開口絞りにはその設定すべき光量分布(光量が高められる3つの領域)に対応する開口を形成する必要がない。

15 また、上記第2及び第5の実施形態において、照明光学系内に配置される回折光学素子とオプティカル・インテグレータ(5;151)との間に設けられる光学系(4;152,153)の少なくとも一部をズームレンズ(アフォーカル系)として、照明光学系の瞳面上で照明光ILが分布する3つの領域の大きさを可変としてもよい。さらに、その光学系(4;152,153)に、前述した間隔可変の一对のプリズムを組み込んでもよい。

20 なお、上記第2及び第5の実施形態では、照明光学系内に交換して配置される複数の回折光学素子のみからなる、或いはその複数の回折光学素子と、前述したズームレンズと一对のプリズムとの少なくとも一方が組み込まれる光学系とを組み合わせた成形光学系(光学部材に相当)によって、オプティカル・インテグレータがフライアイレンズ5であるときはその入射面上での照明光ILの強度分布を25 を変化させ、オプティカル・インテグレータが内面反射型インテグレータ151であるときはその入射面に入射する照明光ILの入射角度範囲を変化させることで、照明光学系の瞳面上での照明光ILの光量分布(2次光源の大きさや形状)、即ちレチクルの照明条件を任意に変更できるようになっている。このとき、レボルバ24に保持される複数の回折光学素子は、前述の回折光学素子22A、22

Bだけに限られるものでなく、例えば小 σ 照明、輪帯照明、2極照明、及び4極照明でそれぞれ使用される4つの回折光学素子の少なくとも1つを含んでいてもよい。また、その成形光学系に前述の開口絞りを組み合わせてもよい。

このとき、例えば成形光学系のうち開口絞り以外（前述の回折光学素子などを
5 含む）はオプティカル・インテグレータよりも上流側（光源1との間）に配置し、その開口絞りはオプティカル・インテグレータよりも下流側に配置してもよい。

また、上記第2、第4、第5の実施形態では、転写対象のパターンは一方向密集コンタクトホールのパターン（一方向密集パターン）であるが、転写対象のパターンは、実質的に一方向に孤立パターンと見なすことができ、それに交差する
10 （例えば直交する）方向に周期的に形成されるパターンを含むパターンであれば、どのようなパターンでもよいことは明らかである。

さらに、上記第2、第4、第5の実施形態及びその変形例では、投影光学系P
Lの瞳面Q3と実質的に共役な照明光学系12の瞳面又はその共役面（所定面）
上での照明光ILの光量分布で光量が高められる3個の領域を、その所定面上で
15 前述した一方向密集パターンの周期方向と平行で照明光学系12の光軸を通る直線に沿って配置するものとしたが、必ずしもその3個の領域を同一直線上に配置しなくてもよい。例えば、3個の領域のうち、中央の領域を除く残り2個の領域の少なくとも一方を、上記直線からY方向にずらして配置してもよいし、Y方向に関する照明光学系12の光軸との距離をその2個の領域で異ならせてもよい。

また、上記第2、第4、第5の実施形態及びその変形例では、前述した3個の領域のうち中央の領域は、円形だけでなく輪帯状又は矩形の枠状などでもよいものとしたが、その形状（光量分布）はこれらに限られるものではない。即ち、その中央の領域は、輪帯などと同様に、その中央部における光量が他の部分における光量よりも小さく設定されていればよく、例えば互いに離れた複数の領域（その形状は任意）からなるものとしてもよい。このとき、その複数の領域は、中央の領域の光量重心が照明光学系の光軸とほぼ一致するようにその数や位置などが設定されればよく、例えば中心（重心）が光軸外で光軸との距離がほぼ等しいn
25 個（nは自然数）の領域、及びこのn個の領域と光軸に関してほぼ対称に配置されるn個の領域の合計2n個とすることが好ましい。また、その中央の領域で互

いに離れた複数の領域は、前述の所定面上で照明光学系 1 2 の光軸を通る所定の直線に沿って配置してもよく、例えば同一直線に沿って配置してもよく、例えば同一直線に沿って配置される 2 個でもよい。さらに、その中央の領域で互いに離れた複数の領域は、その中央の領域の大きさ (σ 値に相当) に応じてその配列方向を決定してもよく、例えば中央の領域の大きさが相対的に小さいときはその配列方向を前述した 3 個の領域の配列方向 (X 方向) とほぼ一致させることが好ましく、逆にその大きさが相対的に大きいときはその配列方向を前述した 3 個の領域の配列方向とほぼ直交させる (即ち、Y 方向とする) ことが好ましい。

なお、上記第 2、第 4、第 5 の実施形態及びその変形例では、前述した 3 個の領域のうち中央の領域を除く残り 2 個の領域の位置、即ち前述した一方向密集パターンの周期方向に平行な方向 (X 方向) に関する照明光学系の光軸との距離をほぼ等しく維持しつつ、そのピッチに応じて可変としてもよい。

また、上記各実施形態では、レチクルの照明条件の変更に用いられる成形光学系が複数の回折光学素子を含むものとしたが、この回折光学素子の代わりに、例えば収差が異なる複数のレンズエレメントを交換して用いるようにしてもよい。さらに、周辺が円錐となる第 1 及び第 2 プリズム 7 1、7 2 を用いる場合、プリズム 7 1、7 2 の間隔、即ち照明光学系 1 2 の瞳面上で強度が高められる各領域の光軸 B X との距離を変更すると、その変更に応じて各領域の形状が変化し得る。そこで、その変化量が所定の許容値を超えるときは、例えば前述のズームレンズあるいはシリンドリカルレンズなどを用いてその形状変化を抑える (少なくする) ようにしてもよい。

また、図 1 (A) の投影露光装置は照明光学系 1 2 内で光軸 B X に沿って 2 つのオプティカルインテグレータを配置するダブルインテグレータ方式を採用してもよいし、その 2 つのオプティカルインテグレータはその種類が互いに異なってもよい。なお、上記各実施形態では照明光学系の瞳面上で照明光の光量分布を複数の領域で高めるものとしているが、例えば各領域で光量が徐々に少なくなるとき、前述した光量が高められる領域とは、光量が所定値以上になる領域を指すものとする。

なお、上述の各実施形態において、照明光 I L として、例えば 180 nm 程度

以下の波長の真空紫外光を用いる場合には、図1 (A) の回折光学素子21、22、22A、22Bの基板、レチクルR、RAを構成するガラス基板、及び投影光学系PLを構成するレンズ等の屈折部材の光学材料としては、蛍石(CaF₂)、フッ化マグネシウムやフッ化リチウム等のフッ化物結晶、フッ素及び水素がドー
5 プされた石英ガラス、構造決定温度が1200K以下で且つ水酸基濃度が1000ppm以上である石英ガラス（例えば本出願人による日本国特許第2770224号公報に開示）、構造決定温度が1200K以下で且つ水素分子濃度が 1×10^{17} molecules/cm³以上である石英ガラス、構造決定温度が1200K以下で且つ塩基濃度が50ppm以下である石英ガラス、及び構造決定温度が1200K
10 以下で且つ水素分子濃度が 1×10^{17} molecules/cm³以上で塩素濃度が50ppm以下ある石英ガラス（例えば本出願人による日本国特許第2936138号公報（対応する米国特許第5,908,482号）に開示）のグループから選択される材料で形成することが好ましい。一方、照明光ILとしてArFエキシマレーザ光又はKrFエキシマレーザ光などを用いる場合には、その光学材料として上記
15 各物質の他、合成石英を用いることも可能である。

次に、上記の実施の形態の投影露光装置を使用した半導体デバイスの製造工程の一例につき図24を参照して説明する。

図24は、半導体デバイスの製造工程の一例を示し、この図24において、まずシリコン半導体等からウエハWが製造される。その後、ウエハW上にフォトレジストを塗布し（ステップS10）、次のステップS12において、上記の実施
20 の形態（図1 (A) 又は図18）の投影露光装置のレチクルステージ上にレチクルR1をロードし、走査露光方式でレチクルR1（例えば図2のレチクルR）のパターン（符号Aで表す）をウエハW上の全部のショット領域SEに転写（露光）する。なお、ウエハWは例えば直径300mmのウエハ（12インチウエハ）であり、ショット領域SEの大きさは一例として非走査方向の幅が25mm
25 で走査方向の幅が33mmの矩形領域である。次に、ステップS14において、現像及びエッチングやイオン注入等を行うことにより、ウエハWの各ショット領域SEに所定のパターンが形成される。

次に、ステップS16において、ウエハW上にフォトレジストを塗布し、その

後ステップS 1 8において、上記の実施の形態（図1（A）又は図1 8）の投影露光装置のレチクルステージ上にレチクルR 2（例えば図1 1（A）のレチクルR A）をロードし、走査露光方式でレチクルR 2のパターン（符号Bで表す）をウエハW上の各ショット領域S Eに転写（露光）する。そして、ステップS 2 0において、ウエハWの現像及びエッチングやイオン注入等を行うことにより、ウエハWの各ショット領域に所定のパターンが形成される。

以上の露光工程～パターン形成工程（ステップS 1 6～ステップS 2 0）は所望の半導体デバイスを製造するのに必要な回数だけ繰り返される。そして、ウエハW上の各チップC Pを1つ1つ切り離すダイシング工程（ステップS 2 2）や、ボンディング工程、及びパッケージング工程等（ステップS 2 4）を経ることによって、製品としての半導体デバイスS Pが製造される。

また、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をすると共に、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより上記の実施形態の投影露光装置を製造することができる。なお、投影露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

また、本発明は、走査露光型の投影露光装置で露光を行う場合のみならず、ステッパー等の一括露光型の投影露光装置で露光を行う場合にも同様に適用できることは言うまでもない。これらの場合の投影光学系の倍率は等倍でもよく、拡大倍率でもよい。更に、本発明は、例えば国際公開（WO）第9 9／4 9 5 0 4号などに開示される液浸型露光装置で露光を行う場合にも適用できる。液浸型露光装置は、反射屈折型の投影光学系を用いる走査露光方式でもよいし、あるいは投影倍率が1／8の投影光学系を用いる静止露光方式でもよい。後者の液浸型露光装置では、基板上に大きなパターンを形成するために、上記実施形態で説明したステップ・アンド・スティッチ方式を採用することが好ましい。

なお、上記の実施形態の投影露光装置の用途としては、半導体素子製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、

撮像素子（ＣＣＤ等）、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド、又はＤＮＡチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのレチクルパターンが形成されたレチクル（フォトマスク等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

なお、本国際出願で指定した指定国、又は選択した選択国の国内法令の許す限りにおいて、前述した全ての米国特許などの開示を援用して本文の記載の一部とする。

なお、本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得ることは勿論である。また、明細書、特許請求の範囲、図面、及び要約を含む２００３年４月９日付け提出の日本国特許出願２００３－１０５９２０、２００３年８月２５日付け提出の日本国特許出願２００３－２９９６２８、２００３年８月２９日付け提出の日本国特許出願２００３－３０７８０６、２００３年９月１９日付け提出の日本国特許出願２００３－３２９１９４、及び２００３年９月２２日付け提出の日本国特許出願２００３－３２９３０９の全ての開示内容は、そっくりそのまま引用して本願に組み込まれている。

産業上の利用の可能性

また、本発明のデバイス製造方法によれば、種々のパターンを含むデバイスを高精度且つ高スループットで製造することができる。

また、本発明のデバイス製造方法において、照明系に関する所定面における光量分布を、所定の３個の領域で光量が大きくなるように設定するときには、一方向密集パターンを含むデバイスを高精度に製造することができる。

請 求 の 範 囲

1. 照明系からの光束でマスクを照明し、前記光束で前記マスク及び投影系を介して基板を露光する露光方法において、

5 前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、外側の輪郭が前記照明系の光軸を含む第1領域と、該第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれ前記第1領域よりも小さい8個の領域とを含む9個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定したことを特徴とする露光方法。

10 2. 前記第1領域は、輪帯状の領域であることを特徴とする請求項1に記載の露光方法。

3. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であり、

前記所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい9個の領域は、前記第1領域と、該第1領域を囲む第1円周に沿って配置されてそれぞれ
15 前記第1領域よりも小さい4個の第2領域と、前記第1円周を囲む第2円周に沿って配置されてそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の第3領域とからなることを特徴とする請求項1又は2に記載の露光方法。

4. 前記第1領域、2個の前記第2領域、及び2個の前記第3領域が前記照明系の光軸を通る第1直線に沿って配置され、

20 前記第1領域、他の2個の前記第2領域、及び他の2個の前記第3領域が前記照明系の光軸を通り前記第1直線に直交する第2直線に沿って配置されることを特徴とする請求項3に記載の露光方法。

5. 前記第1領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0.2倍から0.4倍に相当し、

25 前記第2領域及び前記第3領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0.75倍から0.2倍に相当することを特徴とする請求項3又は4に記載の露光方法。

6. 照明系からの光束でマスクを照明し、前記光束で前記マスク及び投影系を介して基板を露光する露光方法において、

前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、外側の輪郭が前記照明系の光軸を含む輪帯状の第1領域と、該第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の領域とを含む5個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定したことを特徴とする露光方法。

7. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であり、

前記所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい5個の領域は、前記第1領域と、該第1領域を囲む円周に沿って実質的に90°間隔で配置されてそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の第2領域とからなることを特徴とする請求項6に記載の露光方法。

8. 前記第1領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0.2倍から0.4倍に相当し、

前記第2領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0.75倍から0.2倍に相当することを特徴とする請求項6又は7に記載の露光方法。

9. 前記所定面上で前記照明系の光軸外に配置される前記光量が大きい各領域から発生する光束は直線偏光であることを特徴とする請求項1～8の何れか一項に記載の露光方法。

10. 前記所定面上における前記光束の偏光方向は実質的に円周方向と一致していることを特徴とする請求項9に記載の露光方法。

11. 照明系からの光束でマスクを照明し、前記光束で前記マスク及び投影系を介して基板を露光する露光方法において、

前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、互いに離れた3個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定したことを特徴とする露光方法。

12. 前記光量の大きい3個の領域は、前記照明系の光軸近傍の第1領域と、前記光軸を通る直線に沿って前記第1領域を挟むように配置された第2領域及び第3領域とを含むことを特徴とする請求項21に記載の露光方法。

13. 前記光量の大きい3個の領域は、前記照明系の光軸近傍の第1領域と、前

記光軸からほぼ等距離に配置される第2及び第3領域とを含むことを特徴とする請求項11又は12に記載の露光方法。

14. 前記マスクに形成されたパターンは、所定の第1軸に沿って周期的に配置されると共に前記第1軸に直交する第2軸方向には実質的に孤立している一方向密集パターンを含み、

前記光量の大きい3個の領域は、前記第1軸に平行な方向に離れて配置されることを特徴とする請求項11～13の何れか一項に記載の露光方法。

15. 前記光量の大きい3個の領域は、前記照明系の光軸を通り前記第1軸に平行な直線に沿って配置されることを特徴とする請求項14に記載の露光方法。

16. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域は、その中央部における光量が他の部分における光量よりも小さく設定されることを特徴とする請求項12～15の何れか一項に記載の露光方法。

17. 前記中央の領域は、ほぼ輪帯状の領域であることを特徴とする請求項16に記載の露光方法。

18. 前記中央の領域は、互いに離れた複数の領域からなることを特徴とする請求項16に記載の露光方法。

19. 前記中央の領域で互いに離れた複数の領域は、前記所定面上で前記照明系の光軸を通る所定の直線に沿って配置されることを特徴とする請求項18に記載の露光方法。

20. 前記中央の領域で互いに離れた複数の領域は、前記中央の領域の大きさに応じてその配列方向が決定されることを特徴とする請求項18又は19に記載の露光方法。

21. 前記3個の領域は、輪郭が互いに実質的に同じ大きさの領域であることを特徴とする請求項11～20の何れか一項に記載の露光方法。

22. 前記光量の大きい3個の領域の大きさは、それぞれ前記照明系の最大 σ 値の0.1倍から0.2倍に相当することを特徴とする請求項11～21の何れか一項に記載の露光方法。

23. 前記光量の大きい3個の領域のうち前記第1軸に平行な方向に関して両端に配置される2個の領域は、それぞれ長手方向が前記第2軸に平行な方向とほぼ

一致することを特徴とする請求項 1 4 又は 1 5 に記載の露光方法。

2 4. 前記光量の大きい 3 個の領域のうち中央の領域は、長手方向が前記第 1 軸に平行な方向とほぼ一致することを特徴とする請求項 1 4、1 5、2 3 の何れか一項に記載の露光方法。

5 2 5. 前記光量の大きい 3 個の領域のうち中央の領域から発生する光束は、偏光方向が前記第 2 軸に平行な方向とほぼ一致する直線偏光であることを特徴とする請求項 1 4、1 5、2 3、2 4 の何れか一項に記載の露光方法。

2 6. 前記光量の大きい 3 個の領域のうち中央の領域から発生する光束と他の 2 個の領域から発生する光束とは、互いに偏光状態が異なることを特徴とする請求
10 項 1 2 ~ 1 5、2 3 ~ 2 5 の何れか一項に記載の露光方法。

2 7. 前記中央の領域から発生する光束と前記 2 個の領域から発生する光束とは、偏光方向がほぼ直交することを特徴とする請求項 2 6 に記載の露光方法。

2 8. 前記光量の大きい 3 個の領域のうち中央の領域と他の 2 個の領域とは、互いに大きさが異なることを特徴とする請求項 1 2 ~ 1 5、2 3 ~ 2 7 の何れか一
15 項に記載の露光方法。

2 9. 前記光量の大きい 3 個の領域のうち中央の領域を除く他の 2 個の領域から発生する光束は、それぞれ直線偏光であることを特徴とする請求項 1 2 ~ 2 8 の何れか一項に記載の露光方法。

3 0. 前記所定面上で前記他の 2 個の領域に分布する光束はそれぞれ偏光方向が
20 円周方向とほぼ一致することを特徴とする請求項 2 9 に記載の露光方法。

3 1. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であることを特徴とする請求項 1 1 ~ 3 0 の何れか一項に記載の露光方法。

3 2. 光束でマスクを照明する照明系と、前記マスクからの前記光束で基板を露
25 光する投影系とを有する露光装置において、

前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、外側の輪郭が前記照明系の光軸を含む第 1 領域と、該第 1 領域を囲むように配置されると共にそれぞれ前記第 1 領域よりも小さい 8 個の領域とを含む 9 個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材を有するこ

とを特徴とする露光装置。

3 3. 前記第1領域は、輪帯状の領域であることを特徴とする請求項3 2に記載の露光装置。

3 4. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であり、

5 前記所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい9個の領域は、前記第1領域と、該第1領域を囲む第1円周に沿って配置されてそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の第2領域と、前記第1円周を囲む第2円周に沿って配置されてそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の第3領域とからなることを特徴とする請求項3 2又は3 3に記載の露光装置。

10 3 5. 前記第1領域、2個の前記第2領域、及び2個の前記第3領域が前記照明系の光軸を通る第1直線に沿って配置され、

前記第1領域、他の2個の前記第2領域、及び他の2個の前記第3領域が前記照明系の光軸を通り前記第1直線に直交する第2直線に沿って配置されることを特徴とする請求項3 4に記載の露光装置。

15 3 6. 前記第1領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0. 2倍から0. 4倍に相当し、

前記第2領域及び前記第3領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0. 75倍から0. 2倍に相当することを特徴とする請求項3 4又は3 5に記載の露光装置。

20 3 7. 光束でマスクを照明する照明系と、前記マスクからの前記光束で基板を露光する投影系とを有する露光装置において、

前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、外側の輪郭が前記照明系の光軸を含む輪帯状の第1領域と、該第1領域を囲むように配置されると共にそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の領域とを含む5個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材を有することを特徴とする露光装置。

3 8. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であり、

前記所定面における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きい5個の領

域は、前記第1領域と、該第1領域を囲む円周に沿って実質的に90°間隔で配置されてそれぞれ前記第1領域よりも小さい4個の第2領域とからなることを特徴とする請求項37に記載の露光装置。

39. 前記第1領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0.2倍から0.4倍に相当し、

前記第2領域の大きさは、前記照明系の最大 σ 値の0.75倍から0.2倍に相当することを特徴とする請求項37又は38に記載の露光装置。

40. 前記照明系は、前記光束が照射される前記マスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータを含み、

前記光学部材は、前記照明系内で前記オプティカル・インテグレータの入射面側に配置されると共に、前記光束を複数方向に回折する回折光学素子を含むことを特徴とする請求項32～39の何れか一項に記載の露光装置。

41. 前記照明系は、前記光束が照射される前記マスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータを含み、

前記光学部材は、前記所定面又はその共役面に配置されると共に、前記所定面上で光量が高められる領域を規定する開口絞りを含むことを特徴とする請求項32～40の何れか一項に記載の露光装置。

42. 前記光学部材は、前記複数の領域で光量が高められる光量分布を含む互いに異なる複数の光量分布を設定可能であることを特徴とする請求項32～41の何れか一項に記載の露光装置。

43. 前記所定面上で前記照明系の光軸外に配置される前記光量が多い各領域から発生する光束は直線偏光であることを特徴とする請求項32～39の何れか一項に記載の露光装置。

44. 前記所定面上における前記光束の偏光方向は実質的に円周方向と一致していることを特徴とする請求項43に記載の露光装置。

45. 前記光学部材は、前記所定面上の異なる領域にそれぞれ分布する光束を生成する偏向部材を含み、

前記照明系内で前記偏向部材から発生される光束の偏光状態を設定する偏光設定部材を更に備えることを特徴とする請求項43又は44に記載の露光装置。

46. 前記偏向部材は、前記照明系の光路上で複数方向に回折光を発生する回折光学素子であることを特徴とする請求項45に記載の露光装置。

47. 前記光学部材は、前記偏向部材の射出側に配置され、前記所定面上における前記光軸外の各領域と前記照明系の光軸との位置関係を可変とする可動部材を含み、

前記偏光設定部材は、前記偏向部材と前記可動部材との間に配置されることを特徴とする請求項45又は46に記載の露光装置。

48. 前記可動部材は、前記所定面上で前記第1領域を除く前記光軸外の複数の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面を有し、前記照明系の光軸に沿って移動する少なくとも1つの可動プリズムを含むことを特徴とする請求項47に記載の露光装置。

49. 前記光学部材は、前記第1領域を囲みその光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなる複数の領域の位置を可変とする少なくとも1つの可動プリズムを含むことを特徴とする請求項32～46の何れか一項に記載の露光装置。

50. 前記可動プリズムは、前記所定面上で前記第1領域を除く前記光軸外の複数の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面を有すると共に、前記照明系の光軸に沿って移動することを特徴とする請求項49に記載の露光装置。

51. 前記可動プリズムは、前記所定面上で前記第1領域に分布する光束が通るかかつ前記照明系の光軸とほぼ直交する平面を有することを特徴とする請求項48又は50に記載の露光装置。

52. マスクを光束で照明する照明系と、前記マスクからの前記光束で基板を露光する投影系とを有する露光装置において、

前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、前記照明系の光軸を実質的に含む第1領域と、前記第1領域の外側に配置される複数の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材を有し、

前記光学部材は、前記所定面上の異なる領域にそれぞれ分布する光束を生成する偏向部材と、前記所定面上における前記光軸外の各領域と前記照明系の光軸と

の位置関係を可変とするために、前記偏向部材から発生して前記所定面上で前記第1領域に分布する光束が通り前記照明系の光軸とほぼ直交する平面と、前記第1領域を除く前記光軸外の複数の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面とを有する少なくとも1つの可動プリズムとを含むことを特徴とする露光装置。

- 5 53. 前記照明系は、前記光束が照射される前記マスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータを含み、

前記可動プリズムは、前記照明系内で前記オプティカル・インテグレータの入射側に配置され前記光軸に沿って移動することを特徴とする請求項52に記載の露光装置。

- 10 54. 前記第1領域の外側に配置される複数の領域から発生する光束はそれぞれ前記所定面上で偏光方向が実質的に円周方向と一致する直線偏光であることを特徴とする請求項52又は53に記載の露光装置。

55. 前記光学部材は、前記第1領域を含む複数の領域でそれぞれ光量が高められる光量分布を含む互いに異なる複数の光量分布を設定可能であることを特徴とする請求項32～54の何れか一項に記載の露光装置。
- 15

56. 光束でマスクを照明する照明系と、前記マスクからの前記光束で基板を露光する投影系とを有する露光装置において、

- 20 前記照明系に関する所定面における前記光束の光量分布を、互いに離れた3個の領域における光量がそれ以外の領域における光量よりも大きくなるように設定する光学部材を有することを特徴とする露光装置。

57. 前記光量の大きい3個の領域は、前記照明系の光軸近傍の第1領域と、前記光軸を通る直線に沿って前記第1領域を挟むように配置された第2領域及び第3領域とを含むことを特徴とする請求項56に記載の露光装置。

- 25 58. 前記光量の大きい3個の領域は、前記照明系の光軸近傍の第1領域と、前記光軸からほぼ等距離に配置される第2及び第3領域とを含むことを特徴とする請求項56又は57に記載の露光装置。

59. 前記光量の大きい3個の領域は、前記マスクに形成される密集パターンが周期的に配置される第1軸方向と、実質的に孤立的に配置される、前記第1軸方

向に直交する第2軸方向とのうち、前記第1軸方向に平行な方向に離れて配置されることを特徴とする請求項56～58の何れか一項に記載の露光装置。

60. 前記光量の大きい3個の領域は、前記照明系の光軸を通り前記第1軸に平行な直線に沿って配置されることを特徴とする請求項59に記載の露光装置。

5 61. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域は、その中央部における光量が他の部分における光量よりも小さく設定されることを特徴とする請求項57～60の何れか一項に記載の露光装置。

62. 前記中央の領域はほぼ輪帯状の領域であることを特徴とする請求項61に記載の露光装置。

10 63. 前記中央の領域は、互いに離れた複数の領域からなることを特徴とする請求項61に記載の露光装置。

64. 前記中央の領域で互いに離れた複数の領域は、前記所定面上で前記照明系の光軸を通る所定の直線に沿って配置されることを特徴とする請求項63に記載の露光装置。

15 65. 前記中央の領域で互いに離れた複数の領域は、前記中央の領域の大きさに応じてその配列方向が決定されることを特徴とする請求項63又は64に記載の露光装置。

66. 前記光量の大きい3個の領域の大きさは、それぞれ前記照明系の最大 σ 値の0.1倍から0.2倍に相当することを特徴とする請求項56～65の何れか
20 一項に記載の露光装置。

67. 前記光量の大きい3個の領域のうち前記第1軸に平行な方向に関して両端に配置される2個の領域は、それぞれ長手方向が前記第2軸に平行な方向とほぼ一致することを特徴とする請求項59又は60に記載の露光装置。

68. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域は、長手方向が前記第1軸
25 に平行な方向とほぼ一致することを特徴とする請求項59、60、67の何れか一項に記載の露光装置。

69. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域から発生する光束は、偏光方向が前記第2軸に平行な方向とほぼ一致する直線偏光であることを特徴とする請求項59、60、67、68の何れか一項に記載の露光装置。

70. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域から発生する光束と他の2個の領域から発生する光束とは、互いに偏光状態が異なることを特徴とする請求項57～60、67～69の何れか一項に記載の露光装置。

5 71. 前記中央の領域から発生する光束と前記2個の領域から発生する光束とは、偏光方向がほぼ直交することを特徴とする請求項70に記載の露光装置。

72. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域と他の2個の領域とは、互いに大きさが異なることを特徴とする請求項57～60、67～71の何れか一項に記載の露光装置。

10 73. 前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域から発生する光束は、それぞれ直線偏光であることを特徴とする請求項57～72の何れか一項に記載の露光装置。

74. 前記所定面上で前記他の2個の領域に分布する光束は、それぞれ偏光方向が円周方向とほぼ一致することを特徴とする請求項73に記載の露光装置。

15 75. 前記光学部材は、前記所定面上の異なる領域にそれぞれ分布する光束を生成する偏向部材を含み、

前記照明系内で前記偏向部材から発生される光束の偏光状態を設定する偏光設定部材を更に備えることを特徴とする請求項69～71、73、74の何れか一項に記載の露光装置。

20 76. 前記光学部材は、前記偏向部材の射出側に配置され、前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域と前記照明系の光軸との位置関係を可変とする可動部材を含み、

前記偏光設定部材は、前記偏向部材と前記可動部材との間に配置されることを特徴とする請求項75に記載の露光装置。

25 77. 前記可動部材は、前記所定面上で前記中央の領域を除く前記他の2個の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面を有し、前記照明系の光軸に沿って移動する少なくとも1つの可動プリズムを含むことを特徴とする請求項76に記載の露光装置。

78. 前記光学部材は、前記光量の大きい3個の領域のうち中央の領域を除く他の2個の領域の位置を可変とする少なくとも1つの可動プリズムを含むことを特

徴とする請求項 57～74 の何れか一項に記載の露光装置。

79. 前記可動プリズムは、前記所定面上で前記中央の領域を除く前記他の 2 個の領域を含む所定領域に分布する光束が通る斜面を有すると共に、前記照明系の光軸に沿って移動することを特徴とする請求項 78 に記載の露光装置。

5 80. 前記可動プリズムは、前記所定面上で前記中央の領域に分布する光束が通りかつ前記照明系の光軸とほぼ直交する平面を有することを特徴とする請求項 77 又は 79 に記載の露光装置。

81. 前記照明系は、前記光束が照射される前記マスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータを含み、

10 前記可動プリズムは、前記照明系内で前記オプティカル・インテグレータの入射側に配置されることを特徴とする請求項 77～80 の何れか一項に記載の露光装置。

82. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であり、

前記照明系は、前記光束が照射される前記マスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータを含み、

15 前記光学部材は、前記照明系内で前記オプティカル・インテグレータの入射面側に配置される回折光学素子を含むことを特徴とする請求項 56～74、78 の何れか一項に記載の露光装置。

83. 前記所定面は、前記照明系の瞳面であり、

20 前記照明系は、前記光束が照射される前記マスク上の照明領域内での照度をほぼ均一にするオプティカル・インテグレータを含み、

前記光学部材は、前記所定面又はその共役面に配置されると共に、前記 3 個の領域を規定する開口絞りを含むことを特徴とする請求項 56～74、78、82 の何れか一項に記載の露光装置。

25 84. 前記光学部材は、前記 3 個の領域で光量が高められる光量分布を含む互いに異なる複数の光量分布を設定可能であることを特徴とする請求項 56～83 の何れか一項に記載の露光装置。

85. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

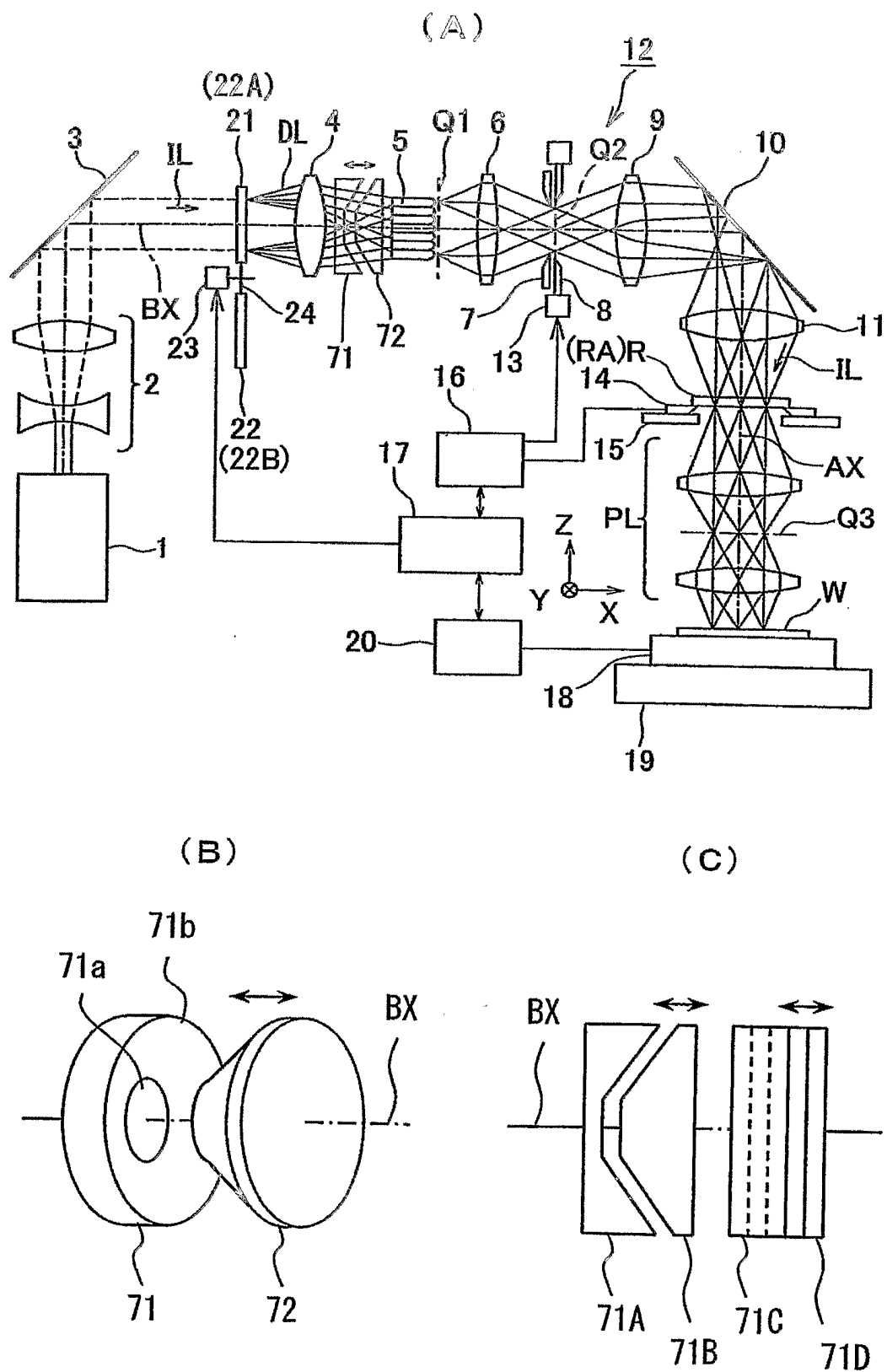
前記リソグラフィ工程で請求項 1 ～ 3 1 の何れか一項に記載の露光方法を用いてパターンを感光体に転写することを特徴とするデバイス製造方法。

8 6. リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、

5 前記リソグラフィ工程で請求項 3 2 ～ 8 4 の何れか一項に記載の露光装置を用いてパターンを感光体に転写することを特徴とするデバイス製造方法。

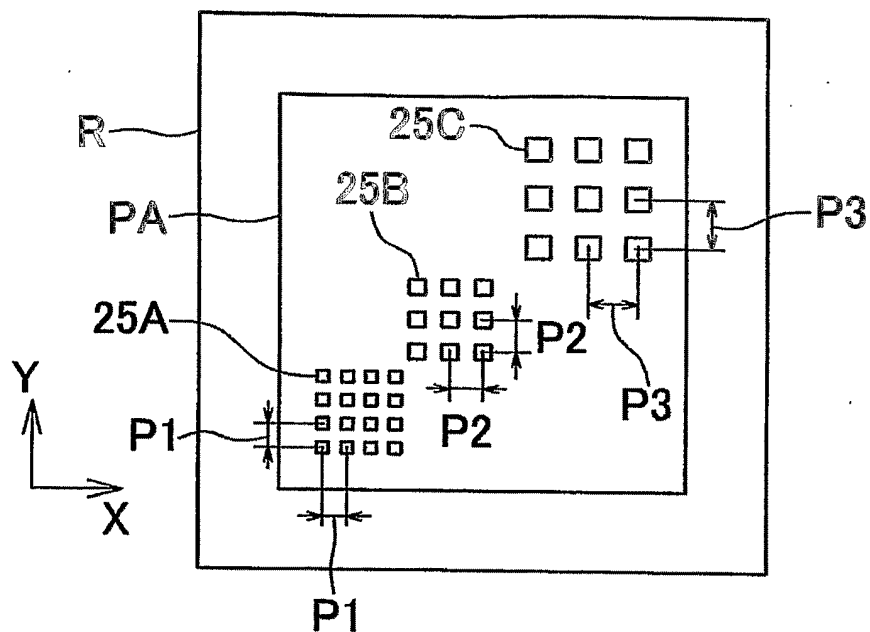
1/20

F i g . 1

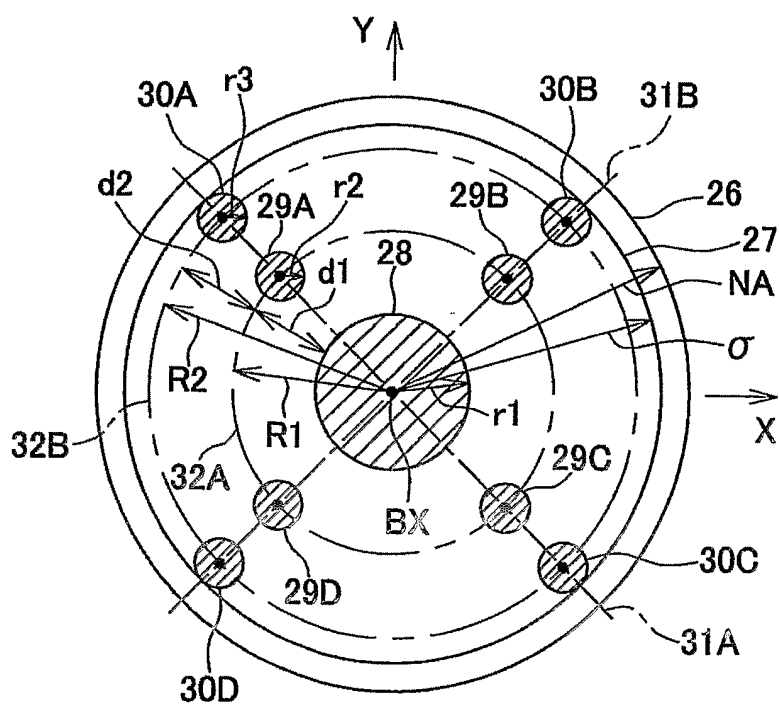


2/20

F i g . 2

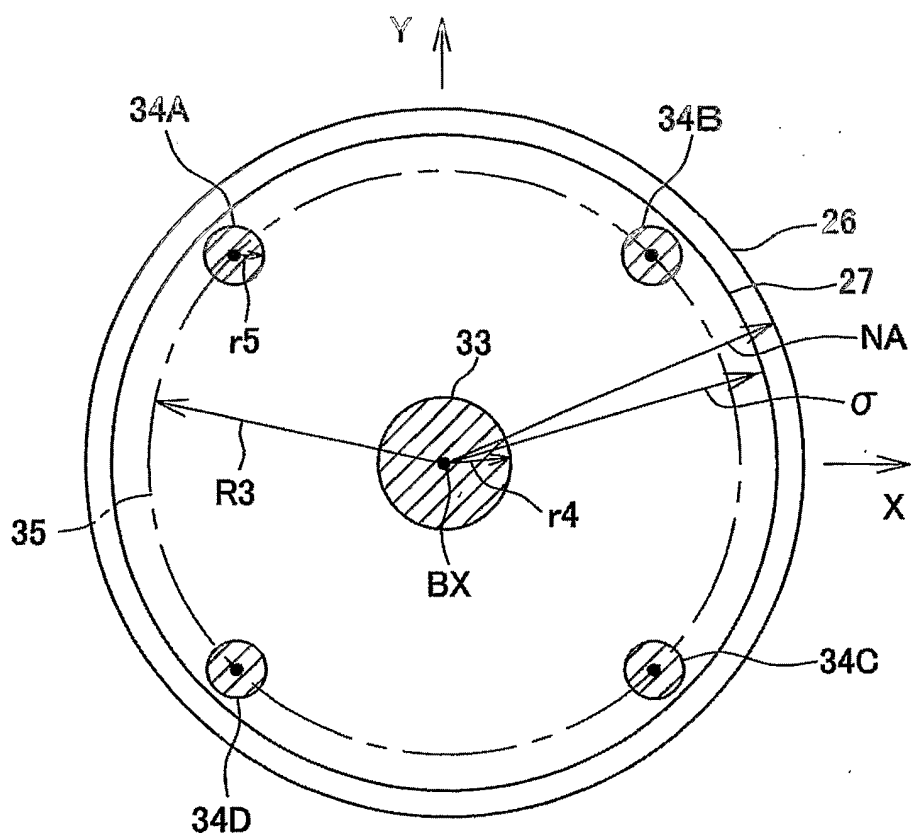


F i g . 3

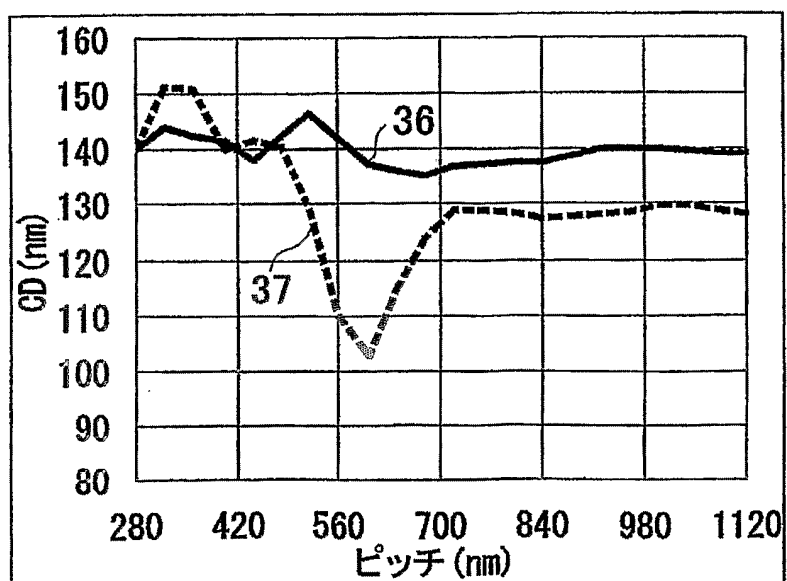


3/20

F i g . 4

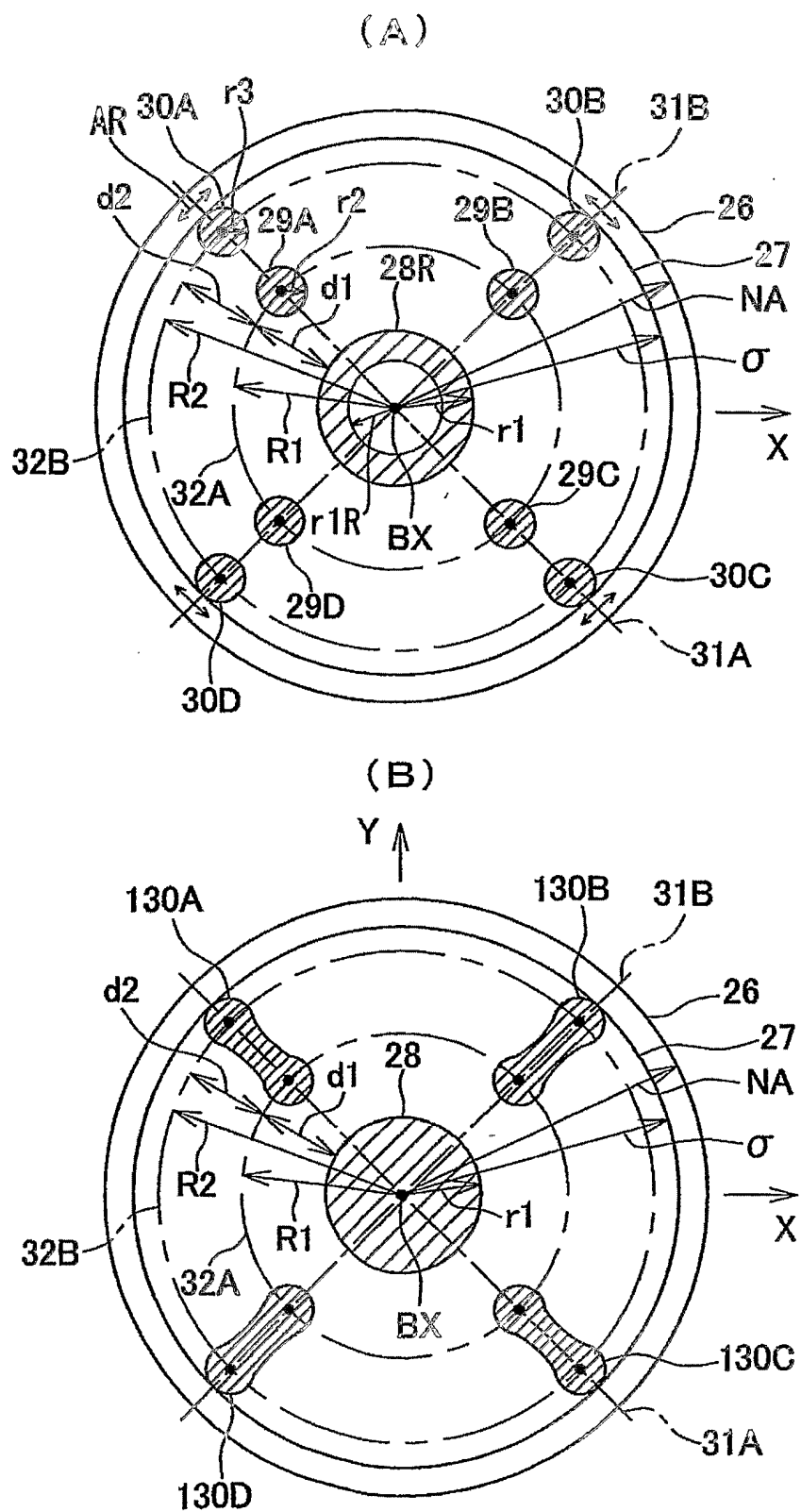


F i g . 5

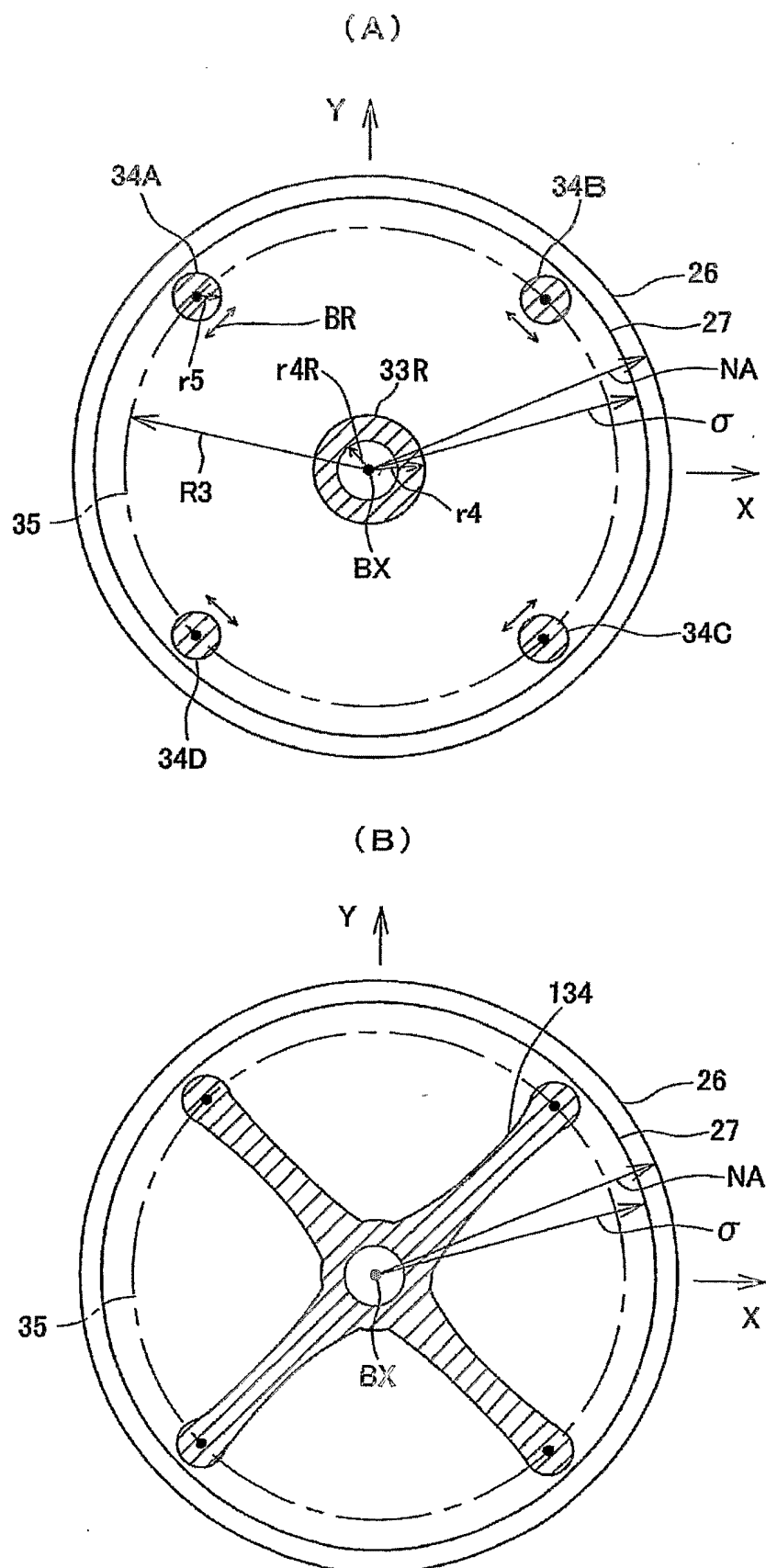


4/20

F i g . 6

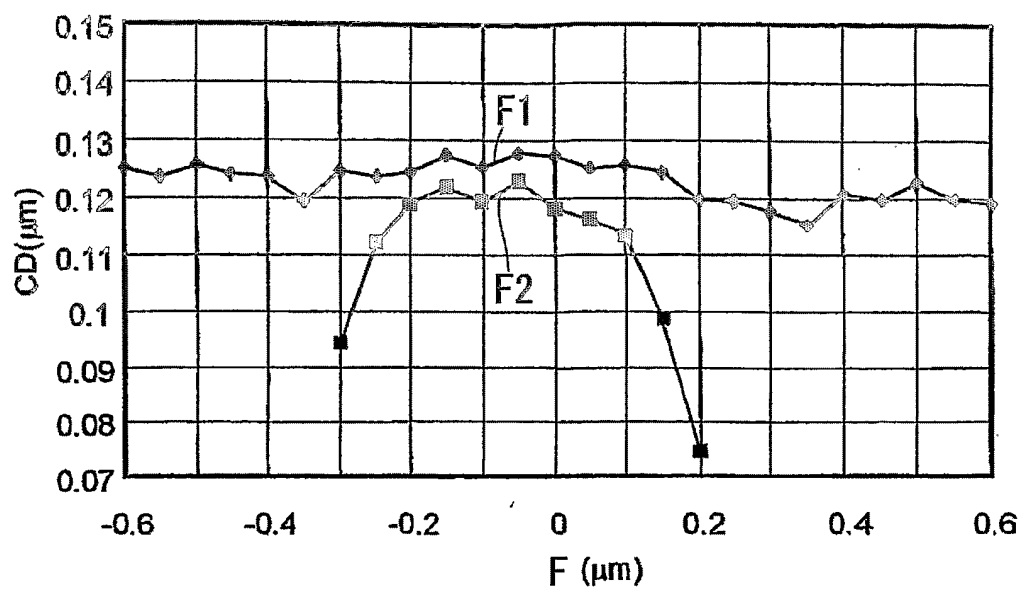


F i g . 7

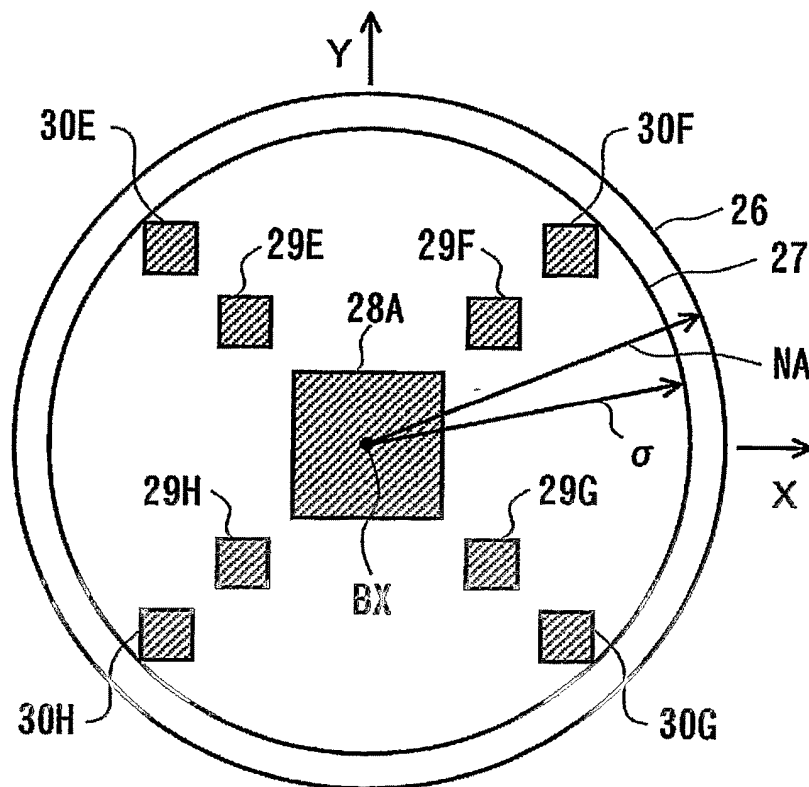


6/20

F i g . 8

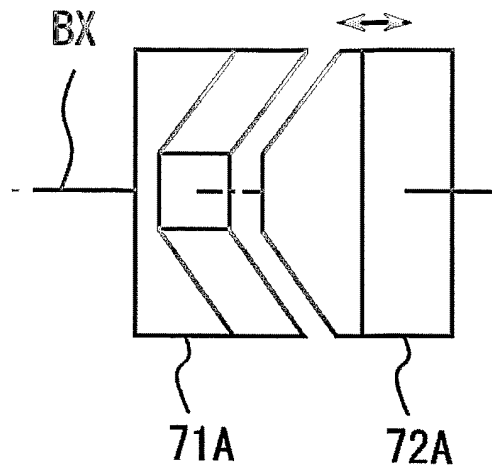


F i g . 9



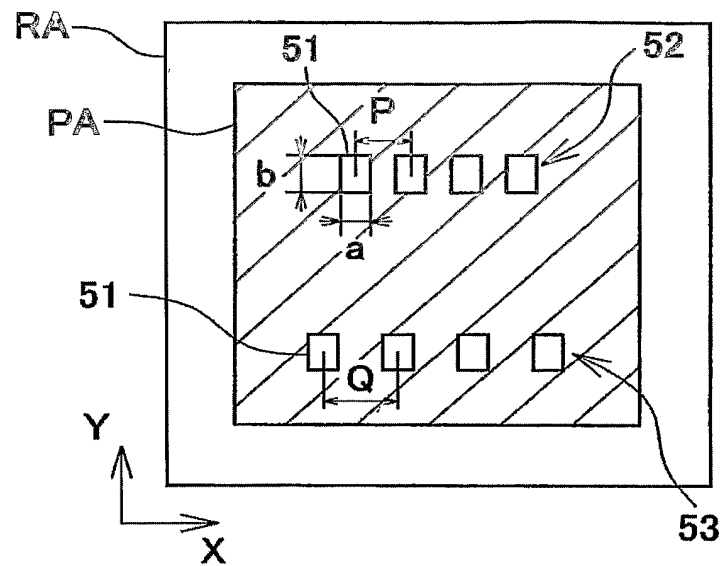
7/20

F i g . 1 0

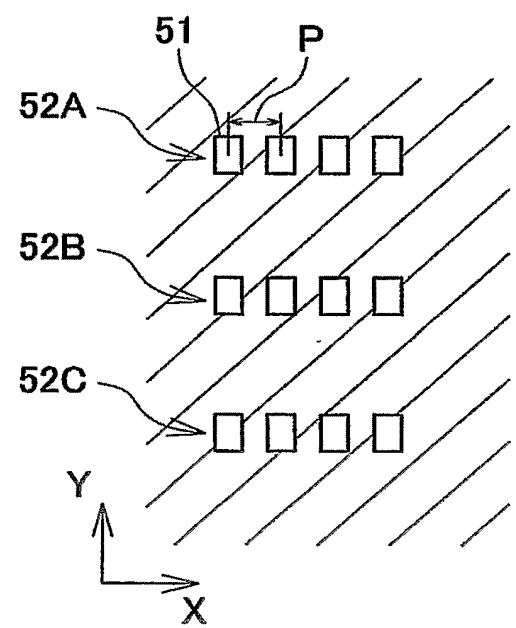


F i g . 1 1

(A)

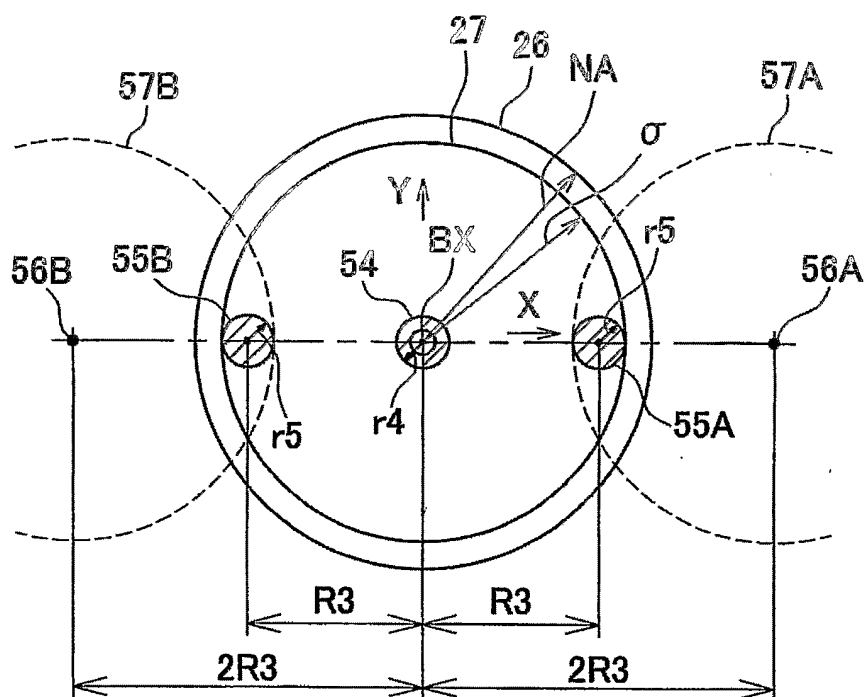


(B)



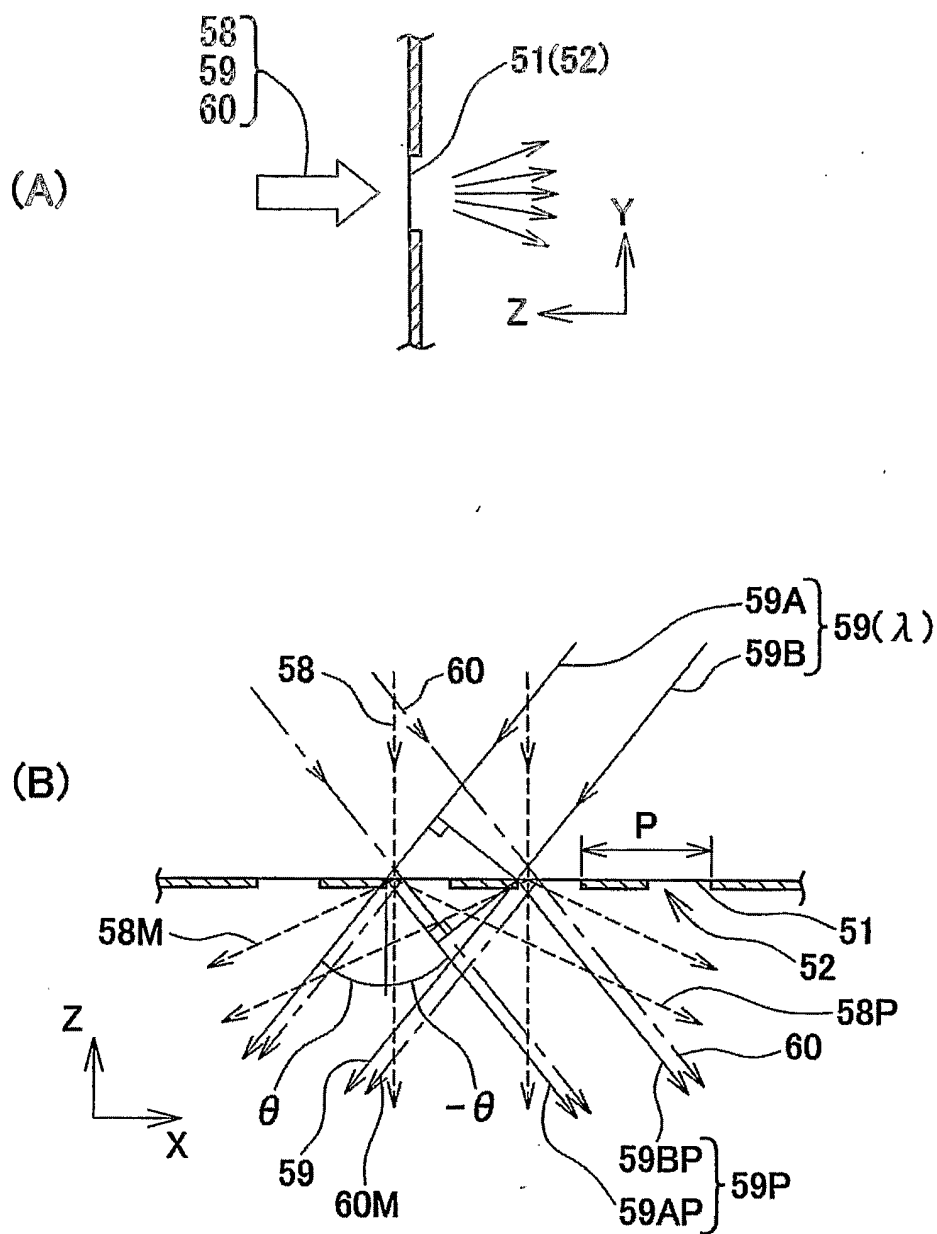
9/20

F i g . 1 2



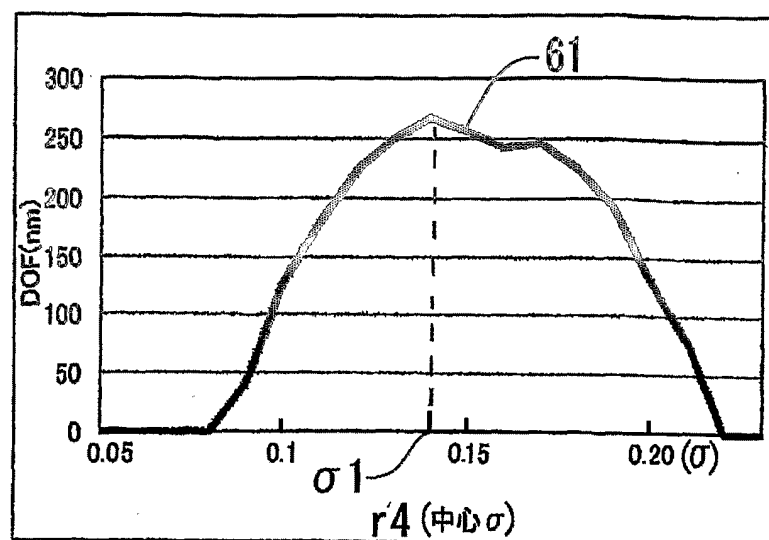
10/20

F i g . 1 3

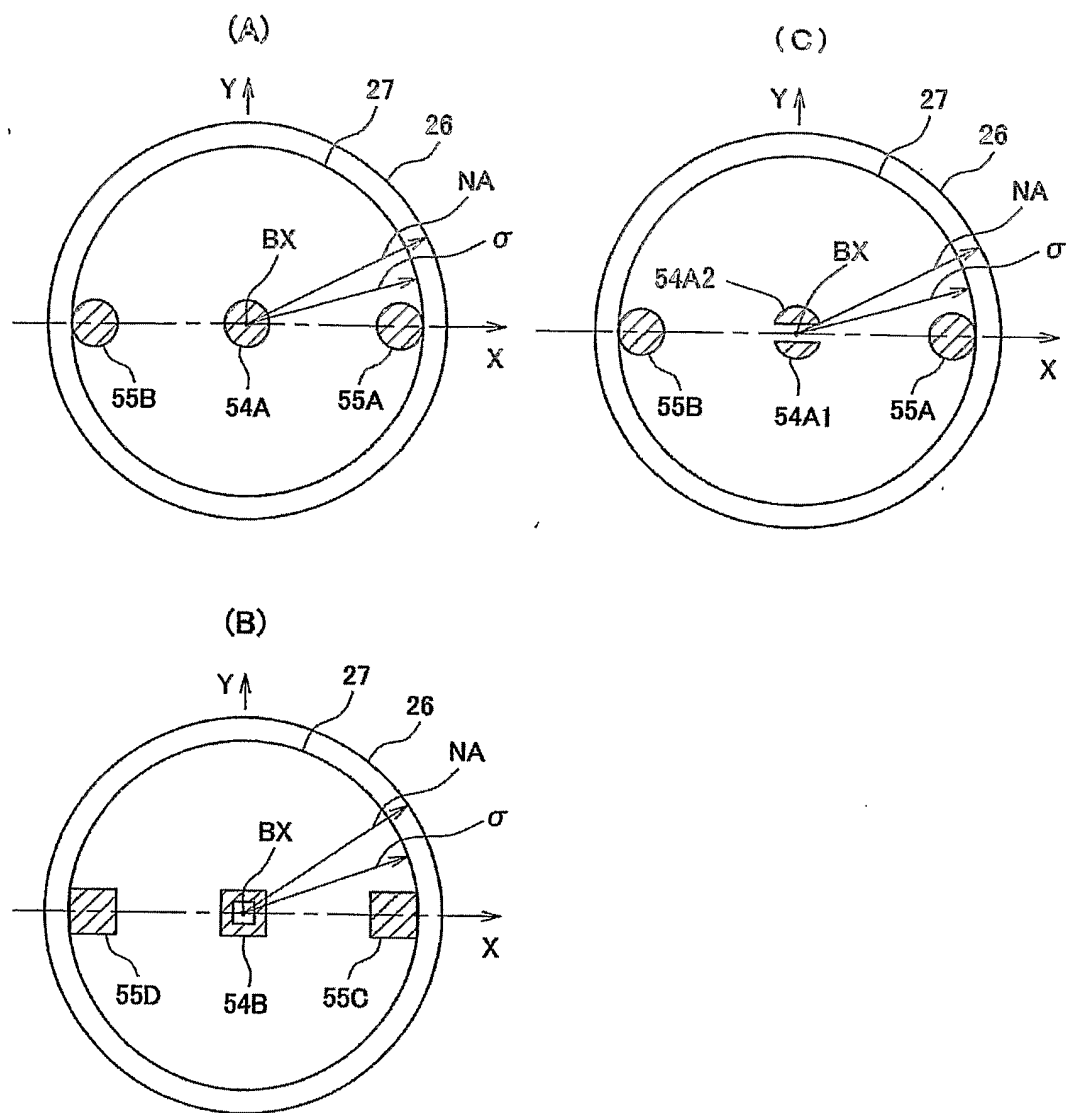


11/20

F i g . 1 4

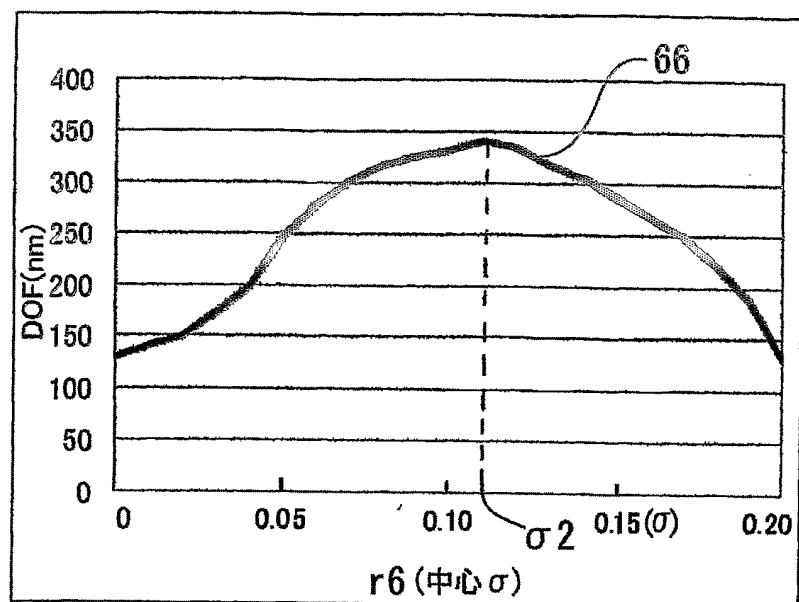


F i g . 1 5

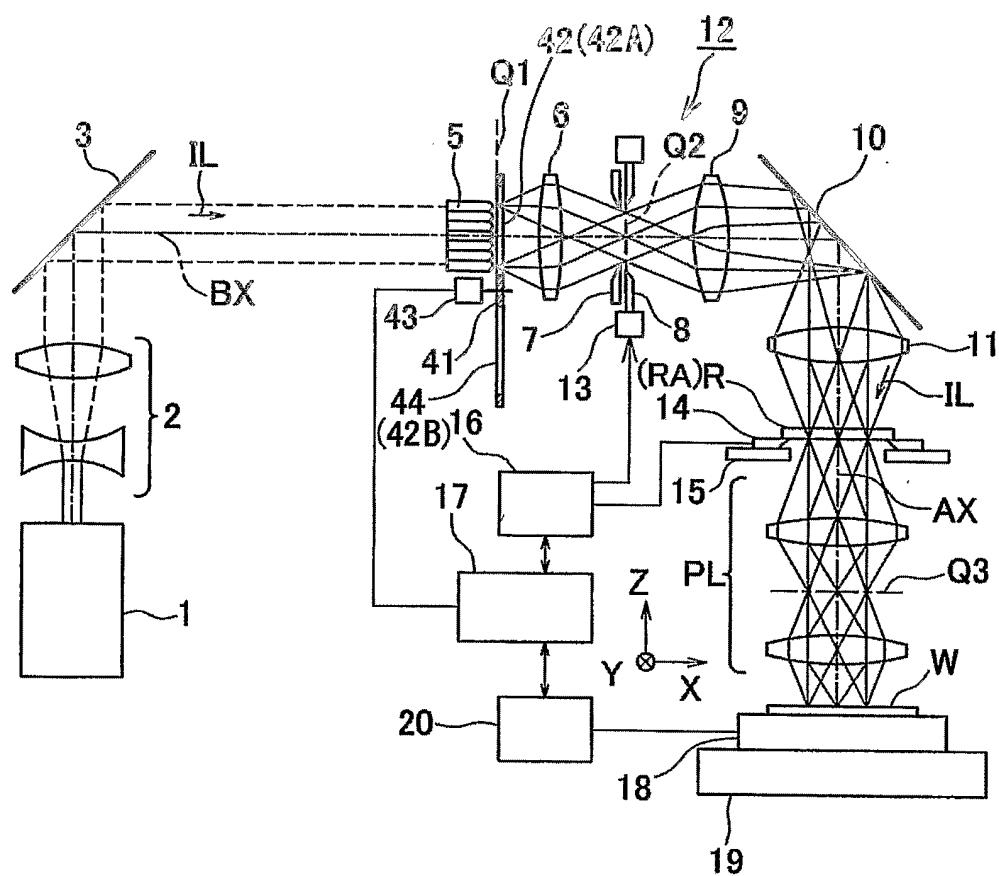


14/20

F i g . 1 7

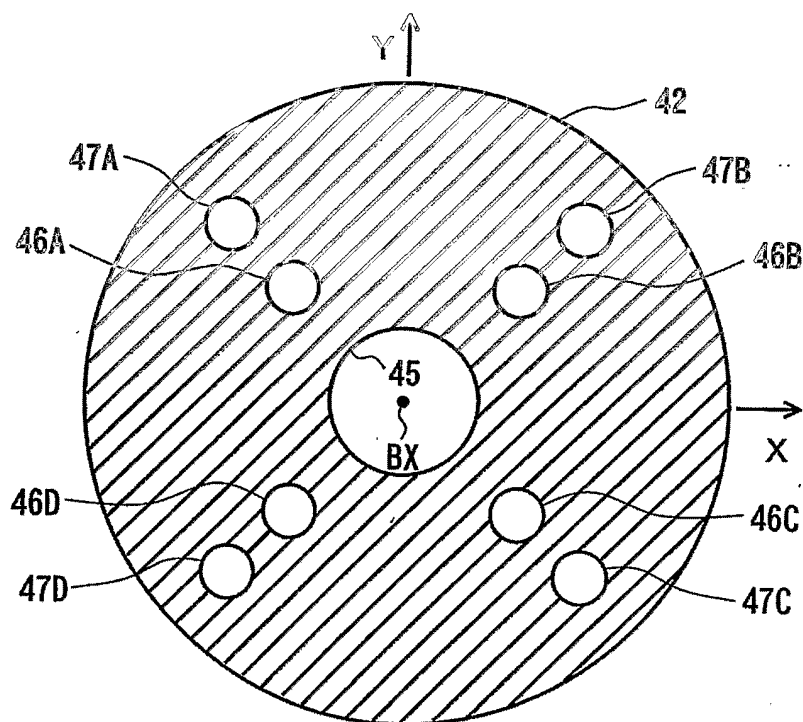


F i g . 1 8

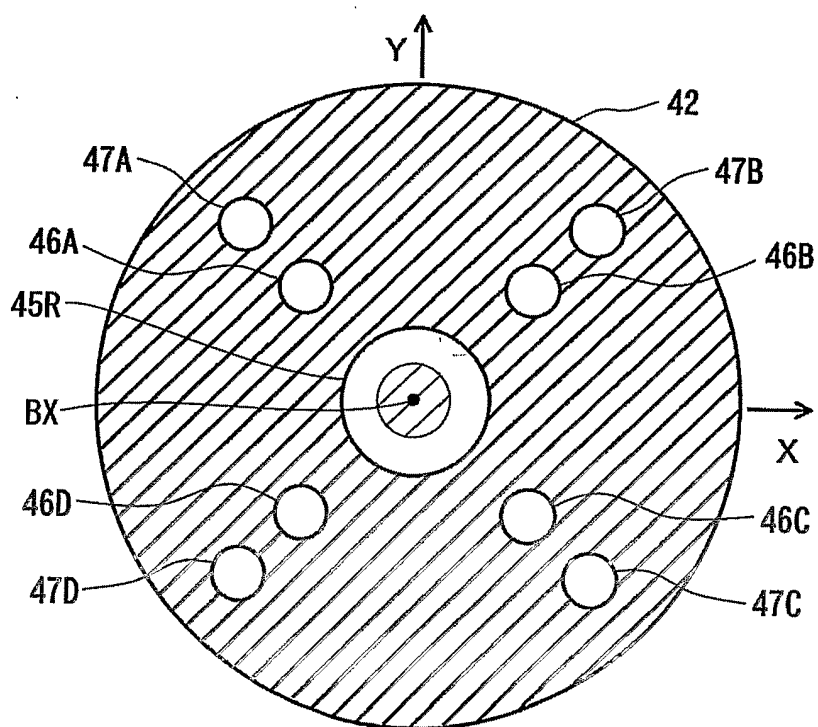


16/20

F i g . 1 9

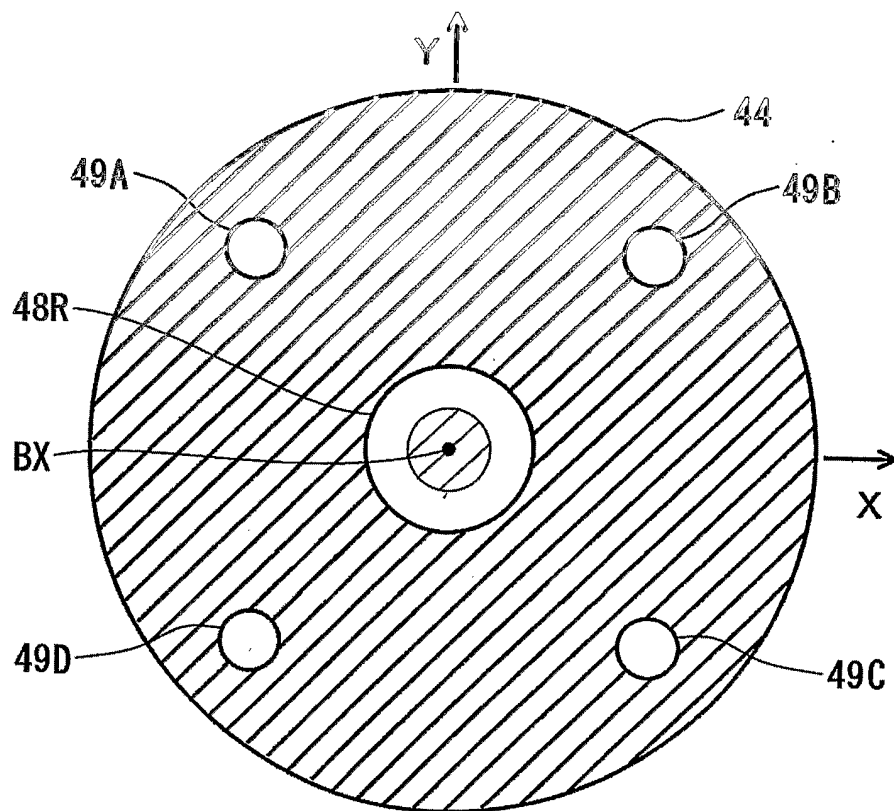


F i g . 2 0

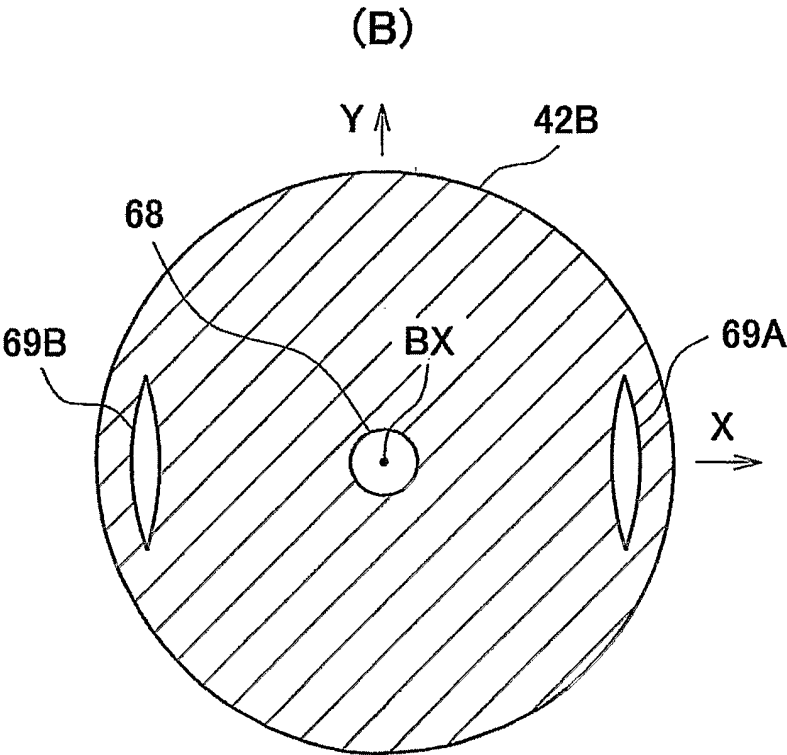
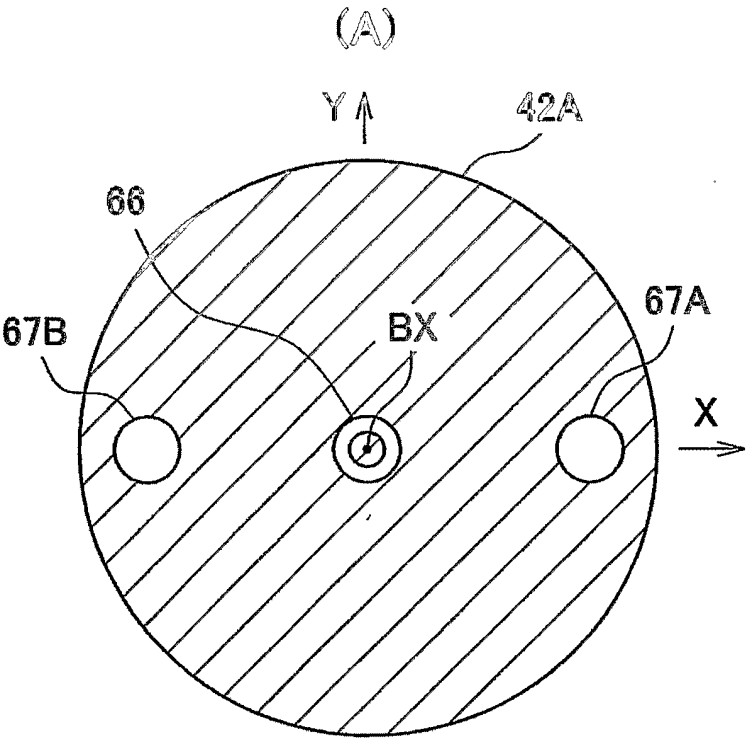


17/20

F i g . 2 1

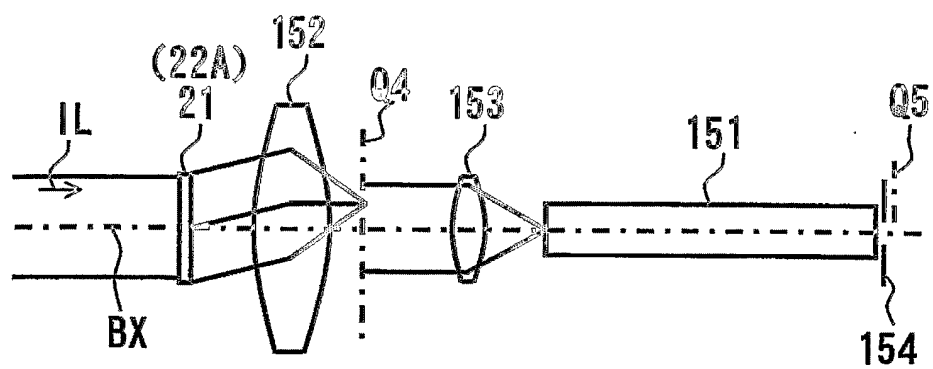


F i g . 2 2

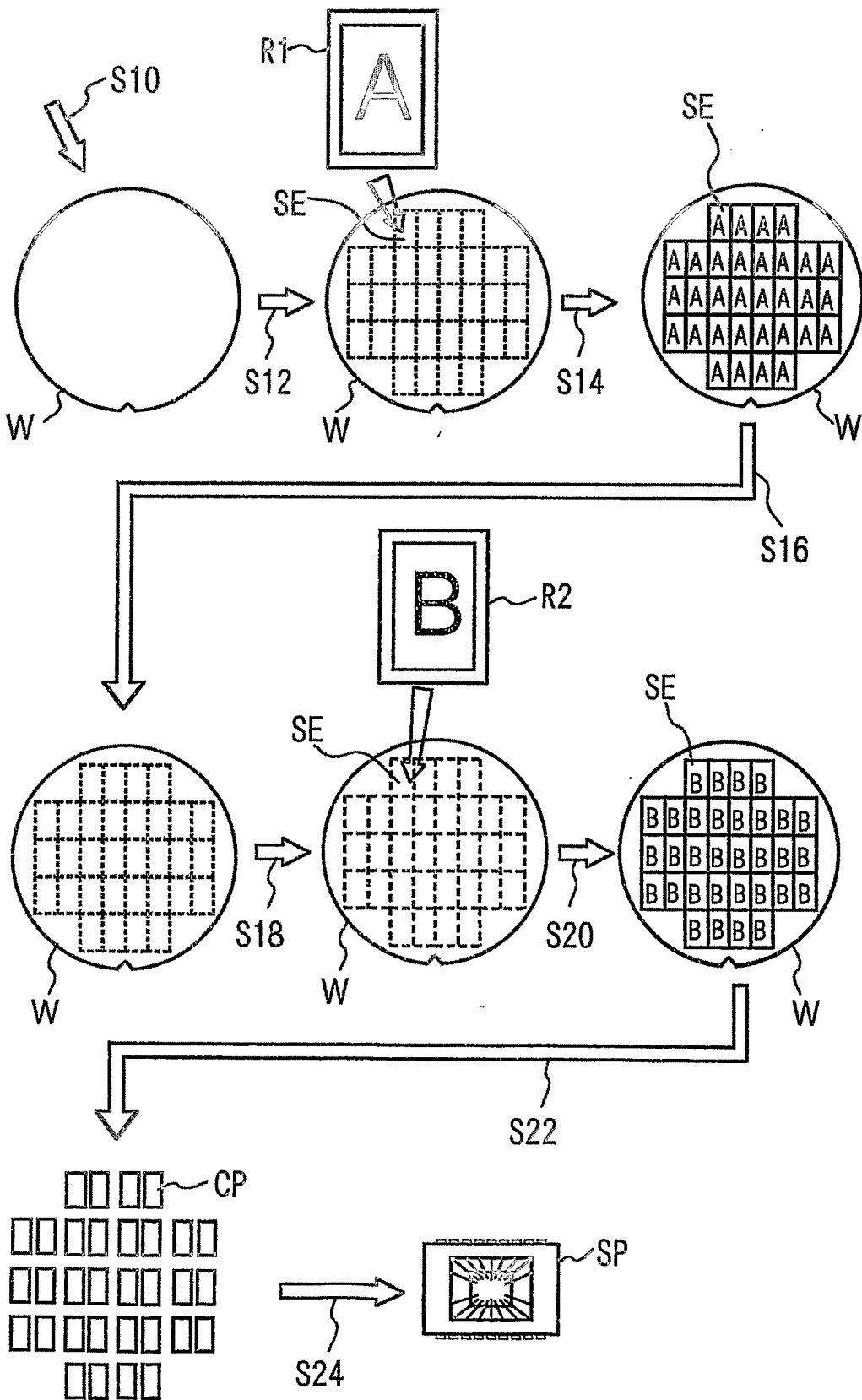


19/20

F i g . 2 3



F i g . 2 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004522

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2004

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2004 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2002-324743 A (Canon Inc.), 08 November, 2002 (08.11.02), Claims; Par. Nos. [0044], [0048], [0094] to	1-3, 5-8, 32-34, 36-39, 41, 42
Y	[0097]; Figs. 1, 3, 5 & US 2002/0177054 A1	9, 10, 40, 43-55
X	JP 5-326370 A (Toshiba Corp.), 10 December, 1993 (10.12.93), Claims; Par. Nos. [0069], [0085]; Figs. 1, 14, 22	6-8, 37-39, 41, 42
Y	& KR 9504968 B1 & US 5261498 A	9, 10, 40, 43-45
X	JP 2002-334836 A (ASML Netherlands B.V.), 22 November, 2002 (22.11.02), Par. Nos. [0016], [0017], [0049], [0050], [0056], [0057]; Figs. 6, 11, 15	11-19, 21-24, 28, 31, 56-64, 66-68, 72, 85, 86
Y	& EP 1239331 A2 & KR 2070806 A & US 2002/0152452 A1	29, 30, 73-84

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 July, 2004 (27.07.04)

Date of mailing of the international search report
24 August, 2004 (24.08.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004522

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-53120 A (Nikon Corp.), 25 February, 1994 (25.02.94), Claims; Par. Nos. [0034] to [0039]; Figs. 4, 5 (Family: none)	9, 10, 29, 30, 43, 44, 54, 73, 74
Y	JP 2002-231619 A (Nikon Corp.), 16 August, 2002 (16.08.02), Claims; Par. Nos. [0031] to [0066]; Figs. 1 to 8 & EP 1211561 A2 & KR 2042462 A & US 2002/0085276 A1 & TW 516097 A	40, 45-55, 75-82, 84
Y	JP 9-219358 A (Canon Inc.), 19 August, 1997 (19.08.97), Claims; Par. Nos. [0042] to [0047]; Figs. 1 to 3 (Family: none)	51, 52, 80
A	JP 11-54426 A (Canon Inc.), 26 February, 1999 (26.02.99), Full text; all drawings & US 6259512 B1	1-86
A	JP 6-196388 A (Nikon Corp.), 15 July, 1994 (15.07.94), Full text; all drawings (Family: none)	1-86

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/004522

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☒ Claims Nos.: 20, 65
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
The technical meaning of the expression "the array direction is determined according to the size of the central area" is unclear.
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
日本国公開実用新案公報 1971-2004年
日本国登録実用新案公報 1994-2004年
日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 2002-324743 A (キヤノン株式会社) 2002.11.08, 特許請求の範囲, 段落0044, 0048, 0094-0097, 図1, 3, 5&US 2002/0177054 A1	1-3, 5-8, 32-34, 36-39, 41, 42
Y		9, 10, 40, 43-55
X	J P 5-326370 A (株式会社東芝) 1993.12.10, 特許請求の範囲, 段落0069, 0085, 図1, 14, 22	6-8, 37-39, 41, 42
Y	&KR 9504968 B1&US 5261498 A	9, 10, 40, 43-55
X	J P 2002-334836 A (エイエスエムエル ネザランド	11-19, 21-24,

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

27.07.2004

国際調査報告の発送日

24.8.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

新井 重雄

2M

8605

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	ズ ベスローテン フェンノートシャップ) 2002. 11. 2 2, 段落0016, 0017, 0049, 0050, 0056, 0 057, 図6, 11, 15&EP 1239331 A2&KR 2070806 A&US 2002/0152452 A1	28, 31, 56-64, 66-68, 72, 85, 86
Y	JP 6-53120 A (株式会社ニコン) 1994. 02. 2 5, 特許請求の範囲, 段落0034-0039, 図4, 5 (ファミ リーなし)	29, 30, 73-84
Y	JP 6-53120 A (株式会社ニコン) 1994. 02. 2 5, 特許請求の範囲, 段落0034-0039, 図4, 5 (ファミ リーなし)	9, 10, 29, 30, 4 3, 44, 54, 73, 7 4
Y	JP 2002-231619 A (株式会社ニコン) 2002. 08. 16, 特許請求の範囲, 段落0031-0066, 図1-8 &EP 1211561 A2&KR 2042462 A&US 2002/0085276 A1&TW 516097 A	40, 45-55, 75- 82, 84
Y	JP 9-219358 A (キヤノン株式会社) 1997. 0 8. 19, 特許請求の範囲, 段落0042-0047, 図1-3 (ファミリーなし)	51, 52, 80
A	JP 11-54426 A (キヤノン株式会社) 1999. 0 2. 26, 全文, 全図&US 6259512 B1	1-86
A	JP 6-196388 A (株式会社ニコン) 1994. 07. 15, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-86

第II欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（PCT17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☒ 請求の範囲 20, 65 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
「中央の領域の大きさに応じてその配列方向が決定される」の技術的な意味が不明である。
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。