

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4684584号
(P4684584)

(45) 発行日 平成23年5月18日 (2011.5.18)

(24) 登録日 平成23年2月18日 (2011.2.18)

(51) Int. Cl.

F I

G O 3 F 1/08 (2006.01)

G O 3 F 1/08 A

G O 3 F 7/20 (2006.01)

G O 3 F 7/20 5 O 1

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 O 2 P

H O 1 L 27/04 (2006.01)

H O 1 L 27/04 A

H O 1 L 21/822 (2006.01)

H O 1 L 21/82 D

請求項の数 9 (全 27 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-203098 (P2004-203098)
 (22) 出願日 平成16年7月9日 (2004.7.9)
 (65) 公開番号 特開2005-55878 (P2005-55878A)
 (43) 公開日 平成17年3月3日 (2005.3.3)
 審査請求日 平成19年7月9日 (2007.7.9)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-278046 (P2003-278046)
 (32) 優先日 平成15年7月23日 (2003.7.23)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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 100110412
 弁理士 藤元 亮輔
 (72) 発明者 山添 賢治
 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 斉藤 謙治
 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

審査官 植木 隆和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスク及びその製造方法、並びに、露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

コンタクトホールパターンと当該コンタクトホールパターンよりも寸法の小さな補助ホールパターンとが配列されたマスクを光で照明し当該マスクを経た光を被露光体に投影光学系を介して投影する露光方法に用いられる前記マスクの製造方法であって、

前記補助ホールパターンの配置を、前記コンタクトホールパターンの周期と前記光の波長と前記投影光学系の開口数とに基づいて、通常の配置とずれた配置とから選択する選択ステップと、

前記選択ステップで選択された前記補助ホールパターンの配置になるように、前記コンタクトホールパターン及び前記補助ホールパターンを前記マスクに形成する形成ステップと、を有し、

前記補助ホールパターンは、前記コンタクトホールパターンの周期方向に対して垂直な方向における前記コンタクトホールパターンとの距離が、前記周期だけ離れた補助ホールと、前記周期の倍だけ離れた補助ホールとを含み、

前記通常の配置は、前記コンタクトホールパターンのうち所定のコンタクトホールから周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、前記補助ホールパターンのうち前記所定のコンタクトホールに最も近い補助ホールの中心と当該所定のコンタクトホールの中心とを結ぶ線と、のなす角度が0度になる配置であり、

前記ずれた配置は、前記角度が0度より大きくかつ45度より小さくなる配置であり、
 前記通常の配置及び前記ずれた配置において、前記距離が前記周期の倍だけ離れた補助

10

20

ホールは、前記コンタクトホールの中心に交点がある格子であって前記コンタクトホールパターンの周期方向の線と前記周期方向に対して垂直な方向の線が前記コンタクトホールパターンの周期で構成される格子の交点上にあることを特徴とする製造方法。

【請求項 2】

前記選択ステップでは、前記コンタクトホールパターンの半周期を以下の式で表される k_1 で換算した場合に、当該 k_1 換算値に基づいて、

前記補助ホールパターンの配置を、前記通常の配置と前記ずれた配置とから選択することを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

$$k_1 = HP (NA / \quad)$$

但し、 HP ：前記コンタクトホールパターンの半周期 ：前記光の波長 NA ：前記投影光学系の開口数

【請求項 3】

前記選択ステップでは、前記 k_1 換算値が 0.25 乃至 0.32 の場合に、前記通常の配置を選択することを特徴とする請求項 2 記載の製造方法。

【請求項 4】

前記選択ステップでは、前記 k_1 換算値が 0.35 乃至 0.38 の場合に、前記ずれた配置を選択することを特徴とする請求項 2 記載の製造方法。

【請求項 5】

前記マスクはバイナリマスク又はハーフトーンマスクであることを特徴とする請求項 1 記載の製造方法。

【請求項 6】

コンタクトホールパターンと当該コンタクトホールパターンよりも寸法の小さな補助ホールパターンとが配列されたマスクを光で照明し当該マスクを経た光を被露光体に投影光学系を介して投影する露光方法に用いられる前記マスクの設計方法であって、

前記補助ホールパターンの配置を、前記コンタクトホールパターンの周期と前記光の波長と前記投影光学系の開口数とに基づいて、通常の配置とずれた配置とから選択する選択ステップを有し、

前記補助ホールパターンは、前記コンタクトホールパターンの周期方向に対して垂直な方向における前記コンタクトホールパターンとの距離が、前記周期だけ離れた補助ホールと、前記周期の倍だけ離れた補助ホールとを含み、

前記通常の配置は、前記コンタクトホールパターンのうち所定のコンタクトホールから周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、前記補助ホールパターンのうち前記所定のコンタクトホールに最も近い補助ホールの中心と当該所定のコンタクトホールの中心とを結ぶ線と、のなす角度が 0 度になる配置であり、

前記ずれた配置は、前記角度が 0 度より大きくかつ 45 度より小さくなる配置であり、

前記通常の配置及び前記ずれた配置において、前記距離が前記周期の倍だけ離れた補助ホールは、前記コンタクトホールの中心に交点がある格子であって前記コンタクトホールパターンの周期方向の線と前記周期方向に対して垂直な方向の線が前記コンタクトホールパターンの周期で構成される格子の交点上にあることを特徴とする設計方法。

【請求項 7】

請求項 6 記載の設計方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【請求項 8】

コンタクトホールパターンが解像され、且つ、補助ホールパターンの解像が抑制されるように請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の製造方法で製造したマスクを照明して前記マスクを経た光を被露光体に投影光学系を介して投影することによって、前記被露光体を露光することを特徴とする露光方法。

【請求項 9】

十字型の遮光部を有する有効光源を用いて前記マスクを照明することを特徴とする請求項 8 に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、マスク及びその製造方法、並びに、露光方法に関する。ここで、マイクロメカニクスは、半導体集積回路製造技術を微細構造体の製作に応用し、高度な機能を持ったミクロン単位の機械システムやそれを作る技術をいう。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィ技術を用いてデバイスを製造する際に、マスク（レチクル）に描画されたパターンを投影光学系によってウェハに投影してパターンを転写する投影露光装置が従来から使用されている。

10

【0003】

マスクパターンは、近接した周期的なライン・アンド・スペース（L & S）パターン、近接及び周期的な（即ち、ホール径と同レベルの間隔で並べた）コンタクトホール列、近接せずに孤立した孤立コンタクトホールその他の孤立パターン等を含む。しかし、高解像度でパターンを転写するためには、パターンの種類に応じて最適な露光条件（照明条件や露光量など）を選択する必要がある。

【0004】

投影露光装置の解像度 R は、光源の波長 λ と投影光学系の開口数（NA）を用いて以下のレーリーの式で与えられる。

【0005】

20

【数1】

$$R = k_1 (\lambda / NA)$$

【0006】

ここで、 k_1 は現像プロセスなどによって定まる定数であり、通常露光の場合には k_1 は約 0.5 乃至 0.7 である。数式 1 は見方を変えれば、解像すべきパターンサイズを（ λ / NA ）で規格化して k_1 で換算することが可能であることを示している。

【0007】

30

近年のデバイスの高集積化に対応して、転写されるパターンの微細化、即ち、高解像度化が益々要求されている。高解像力を得るためには、上式から開口数 NA を大きくすること、及び、波長 λ を小さくすることが有効であるが、これらの改善は現段階では限界に達しており、通常露光の場合にウェハに 0.15 μm 以下のパターンを形成することは困難である。

【0008】

そこで、投影露光装置の結像性能を向上させる手段の一つとしてマスクの改良が提案されている。例えば、孤立コンタクトホールパターンに対して焦点深度を向上させるマスクにハーフトーンマスクというマスクがある。ハーフトーンマスクとは、バイナリマスクの遮光部に相当する部分を、光強度を減衰させ、且つ、透光部との位相差を 180 度に保つようにしたマスクである。

40

【0009】

また、解像力を飛躍的に向上させるマスクとして位相シフトマスクがある。位相シフトマスクとは、マスクに入射する光が互いに隣り合った透光部を透過する際に、互いにある一定の位相差を持つように設計されたマスクであり、一般には、かかる位相差を 180 度になるように設計する。位相シフトマスクには、様々な種類が提案されており、位相シフトマスクの種類によっては、バイナリマスクよりも約半分の線幅を実現することができる。これは、互いに隣り合う光が位相差を 180 度に保つことによって、互いに隣り合う光の中心部の振幅を打ち消し合うためである。

【0010】

50

このように、微細なパターンを形成するために様々な提案がなされているが、それでもなお微細コンタクトホールパターンを形成することは非常に困難である。現在では、製作及び検査が困難な位相シフトマスクではなく、バイナリーマスク又はハーフトーンマスクを用いて解像限界に近い微細なコンタクトホールパターンの形成に向けた研究が行われている。

【 0 0 1 1 】

本発明者らは、バイナリーマスクの所望パターン周辺に、その所望パターンより寸法が小さく、解像しないくらいの大きさの補助パターンを配置した。さらに、特殊な斜入射照明を行うことによって微細なコンタクトホールパターンをウェハ等の被露光体に露光することに成功している（例えば、特許文献 1 参照。）。 10

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 1 2 】

しかし、所望のパターンに対する最適な補助パターンの配置は、所望のパターンのホール径及び周期（ピッチ）によって異なり、所望のパターンに対する最適な補助パターンの配置方法はよくわかっていなかった。従って、最適な補助パターンで露光を行うことができず、必ずしも高解像度を得られないという問題があった。

【 0 0 1 3 】

また、補助パターンの配置を変更しながら実際に露光を行い、最適な補助パターンの配置を求めることも可能であるが、そのためには多大な時間がかかるし、その結果開発コストも増加してしまう。 20

【 0 0 1 4 】

そこで、本発明は、微細な（例えば、 $0.15\ \mu\text{m}$ 以下の）ホール径を持ち、一又は複数のホールを有するパターンを、高解像度で露光可能なマスク及びその製造方法、並びに、露光方法を提供することを例示的目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 5 】

本発明の一側面としての製造方法は、コンタクトホールパターンと当該コンタクトホールパターンよりも寸法の小さな補助ホールパターンとが配列されたマスクを光で照明し当該マスクを経た光を被露光体に投影光学系を介して投影する露光方法に用いられる前記マスクの製造方法であって、前記補助ホールパターンの配置を、前記コンタクトホールパターンの周期と前記光の波長と前記投影光学系の開口数とに基づいて、通常の配置とずれた配置とから選択する選択ステップと、前記選択ステップで選択された前記補助ホールパターンの配置になるように、前記コンタクトホールパターン及び前記補助ホールパターンを前記マスクに形成する形成ステップと、を有し、前記補助ホールパターンは、前記コンタクトホールパターンの周期方向に対して垂直な方向における前記コンタクトホールパターンとの距離が、前記周期だけ離れた補助ホールと、前記周期の倍だけ離れた補助ホールとを含み、前記通常の配置は、前記コンタクトホールパターンのうち所定のコンタクトホールから周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、前記補助ホールパターンのうち前記所定のコンタクトホールに最も近い補助ホールの中心と当該所定のコンタクトホールの中心とを結ぶ線と、のなす角度が 0 度になる配置であり、前記ずれた配置は、前記角度が 0 度より大きくかつ 45 度より小さくなる配置であり、前記通常の配置及び前記ずれた配置において、前記距離が前記周期の倍だけ離れた補助ホールは、前記コンタクトホール 30
の中心に交点がある格子であって前記コンタクトホールパターンの周期方向の線と前記周期方向に対して垂直な方向の線が前記コンタクトホールパターンの周期で構成される格子の交点上にあることを特徴とする。 40

【 0 0 1 7 】

本発明の別の側面としての設計方法は、コンタクトホールパターンと当該コンタクトホールパターンよりも寸法の小さな補助ホールパターンとが配列されたマスクを光で照明し当該マスクを経た光を被露光体に投影光学系を介して投影する露光方法に用いられる前記 50

マスクの設計方法であって、前記補助ホールパターンの配置を、前記コンタクトホールパターンの周期と前記光の波長と前記投影光学系の開口数とに基づいて、通常の配置とずれた配置とから選択する選択ステップを有し、前記補助ホールパターンは、前記コンタクトホールパターンの周期方向に対して垂直な方向における前記コンタクトホールパターンとの距離が、前記周期だけ離れた補助ホールと、前記周期の倍だけ離れた補助ホールとを含み、前記通常の配置は、前記コンタクトホールパターンのうち所定のコンタクトホールから周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、前記補助ホールパターンのうち前記所定のコンタクトホールに最も近い補助ホールの中心と当該所定のコンタクトホールの中心とを結ぶ線と、のなす角度が0度になる配置であり、前記ずれた配置は、前記角度が0度より大きくかつ45度より小さくなる配置であり、前記通常の配置及び前記ずれた配置において、前記距離が前記周期の倍だけ離れた補助ホールは、前記コンタクトホールの中心に交点がある格子であって前記コンタクトホールパターンの周期方向の線と前記周期方向に対して垂直な方向の線が前記コンタクトホールパターンの周期で構成される格子の交点上にあることを特徴とする。

10

【0019】

本発明の別の側面としてのプログラムは、上記設計方法をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0020】

本発明の別の側面としての露光方法は、コンタクトホールパターンが解像され、且つ、補助ホールパターンの解像が抑制されるように上記製造方法で製造したマスクを照明して前記マスクを経た光を被露光体に投影光学系を介して投影することによって、前記被露光体を露光することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0023】

本発明によれば、微細な（例えば、 $0.15\mu\text{m}$ 以下の）ホール径を持ち、一又は複数のホールを有するパターンを、高解像度で露光可能なマスク及びその製造方法、並びに、露光方法を提供することができる。

【0024】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0025】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下、露光装置として仮定されているものは、特に断らない限り、光源がKrFエキシマレーザー（露光波長 = 248nm ）でその投影光学系の開口数NAが0.73であり、縮小比4:1の縮小露光装置とする。投影露光装置は、縮小投影露光が一般的である。縮小投影露光の場合、形成したいパターンサイズとマスクパターンは露光装置に依存した倍率だけ異なる。露光装置の倍率は、それぞれの機種において様々であるので、以下においては、マスク上のパターンサイズをウェハ上の寸法に換算する。例えば、投影露光装置の倍率が0.25倍の場合、 120nm のパターンを形成したいとき、実際にはマスク上に 480nm のパターンを作成しなければならない。また、投影露光装置の倍率が0.20倍の場合はマスク上に 600nm のパターンを作成しなくてはならない。しかし、以下では、これらの状況に対する区別をなくすためマスクパターンの大きさをウェハ上の寸法に換算し、 120nm のパターンと呼ぶ。また、各パターンは一又は複数のコンタクトホールから構成されているが、本出願においては、「パターン」という用語はパターンの一部又は一のコンタクトホールを意味する場合もある。

40

【0026】

本発明者らは、所望のパターンと補助パターン（補助ホールパターン）の形成されたマスクを、所望のパターンを解像するために解像力の強い照明光と、補助パターンの解像を抑制する解像力の弱い照明光で照明した。そして、微細なコンタクトホールパターンを露

50

光することに既に成功したのは上述した通りである。一例をあげると、図 2 (c) のような所望のパターン 3 4 があつたとし、かかる所望のパターン 3 4 のホール径は 1 1 0 n m 、最小ホール間隔も 1 1 0 n m であつたとする。

【 0 0 2 7 】

上述の露光装置を使用した場合、通常では、図 2 (a) に示したように、所望のパターン 3 4 に応じて透光部 (所望のパターン) 3 1 と遮光部 3 3 を配置したマスクを用いて、円形状の照明分布の有効光源を有する照明でそのマスクを照明する。そして、ウェハを露光するが、この方法ではパターンは解像しない。対して、図 2 (b) に示す所望のパターン 3 4 に対する透光部 3 1 の周囲に微小透光部 (補助パターン) 3 2 を遮光部 3 3 に配置したマスクと、図 3 (a) に示す十字型の遮光部 4 2 を持つ有効光源形状を有する照明系により、ウェハを露光した。そうしたところパターンが解像した。

10

【 0 0 2 8 】

図 2 (b) に示すマスクは、所望のパターン 3 1 と、その所望のパターン 3 1 の縦横方向に周期的に配置され、その所望のパターン 3 1 よりも寸法が小さく解像しないくらいの大さの補助パターン 3 2 とを有するバイナリマスクである。図 3 (a) において、白抜きの部分が透光部 4 1 を表し、黒で塗りつぶした部分は遮光部 4 2 を表す。

【 0 0 2 9 】

かかる露光方法は、所望のコンタクトホールパターンと、当該パターンのホール径よりも小さなホール径を有するダミーコンタクトホールパターンとが配置されたマスクを形成し、所望のコンタクトホールパターンのみを解像させる。本出願では、かかる露光方法を露光方法 I と呼ぶ場合もある。また、本発明者らは、露光方法 I に使用される有効光源形状として、図 3 (b) 、図 3 (c) 、図 3 (d) 、図 3 (e) 、図 3 (f) に示したような照明を用いても同様の結果を得られることを確認した。

20

【 0 0 3 0 】

図 3 (b) に示す有効光源形状は、図 3 (a) に示す有効光源形状において、遮光部 4 2 に対応する透光部 4 1 の一部を略正方形にカットしたような形状となる。より具体的に図 3 (b) に示す有効光源形状を表せば、図 3 (a) に示す有効光源形状の寸法を図 7 のように規定した場合、図 3 (a) において一辺の長さが $2a$ 以上 $2c$ 以下の略正方形でカットしたような形状になる。図 3 (a) に示す有効光源形状は所望のコンタクトホールパターンの周期が細かい場合、図 3 (b) に示す有効光源形状は所望のコンタクトホールパターンの周期が粗い場合に適している。

30

【 0 0 3 1 】

図 3 (d) に示す有効光源形状を説明する。まず、図 3 (a) に示す有効光源形状の寸法を図 7 のように規定した場合において、 a を c 以上にすると有効光源が 4 箇所分割される。さらに、幅が $c - b$ 以下で高さが $2b$ の四角形をその中心の x 方向の座標が b 以上 c 以下で、 y 方向の座標が 0 になるように配置した。また、幅が $2b$ で高さが $c - b$ 以下の四角形をその中心の x 方向の座標が 0 で、 y 方向の座標が b 以上 c 以下になるように配置し、その四角形を透光領域にしたものである。こうすれば、図 3 (c) も同様に定義することができる。図 3 (c) は図 3 (d) を一般的にしたものである。図 3 (c) の場合は、まず、図 3 (a) に示す有効光源形状の寸法を図 7 のように規定した場合において、 a を c 以上にすると有効光源が 4 箇所分割される。さらに、適当な幅と高さがある四角形をその中心が $(d, 0)$ (ただし、 d は c より大きい) になるように配置し、前記四角形を 90 度回転した四角形をその中心が $(0, d)$ になるように配置し、それら四角形を透光領域にしたものである。図 3 (e) に示す有効光源形状は輪帯照明、図 3 (f) に示す有効光源形状は四重極輪帯照明であり、中心部が暗い照明を用いることが補助パターンを配列したマスクに対しては効果的である。

40

【 0 0 3 2 】

更に、本発明者らは、所望のパターンの縦横方向ではなく、斜め方向に補助パターンを配置しても所望のパターンが解像することを発見した。例えば、図 2 (d) に示したように、図 2 (b) のマスクにおいて、補助パターン 3 2 を一行おきに周期の半分だけずらし

50

た場合も所望のパターン 3 1 が解像する。特に、所望のパターンのホール径が 1 2 0 n m、最小ホール間隔も 1 2 0 n m であるときは縦横方向に補助パターン 3 2 を配置するよりも結像性能がよいことがわかった。

【 0 0 3 3 】

つまり、縦横方向に補助パターンを配置した方が結像性能がよいパターンと、斜め方向に補助パターンを配置した方が結像性能がよいパターンとがあり、所望のパターンに対して補助パターンを最適に配置する必要がある。本発明では、所望のパターンをパターン周期で分類し、補助パターンを最適に配置する原理について説明する。このとき、パターン周期の半分、すなわち半周期を H P としたとき、半周期 H P を $\lambda / N A$ で規格化 (k 1 で換算) して、周期を区別することにする。

10

【 0 0 3 4 】

さて、図 4 (a) に模式的に示すように、所望のパターン 3 1 が 1 列に並んでおり、横方向にパターン周期を有する場合を考える。縦方向及び横方向に対称性をもたせるため、かかるパターン周期で格子 3 6 を形成し、その格子点上に補助パターン 3 2 を配置する。換言すれば、所望のパターン 3 1 のうち真中のパターンからパターンの周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線がある。その線と、その真中の所望のパターンからその垂直な方向に最も近い補助パターン (補助ホール) 3 2 の中心とその真中のパターンの中心とを結ぶ線とのなす角度 θ が 0 度で配置されている (第 1 の補助パターン)。通常、所望のパターン 3 1 のまわりに 2 周分だけ補助パターン 3 2 を配置すればよい。このような補助パターン 3 2 の配置を「通常の配置」と定義する。

20

【 0 0 3 5 】

次に、図 4 (b) に模式的に示すように、通常の配置において 1 行おきに補助パターン 3 2 を周期の半分だけ横方向にずらした補助パターン 3 2 の配置を「ずれた配置」と定義する。当然のことながら、所望のパターン 3 1 の配置によっては通常の配置から 1 列おきに補助パターン 3 2 を周期の半分だけ縦方向にずらした補助パターン 3 2 の配置もずれた配置である。換言すれば、所望のパターン 3 1 のうち真中のパターンからパターンの周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線がある。その線と、その真中の所望パターンからその垂直な方向に最も近い補助パターン 3 2 の中心とその真中のパターンの中心とを結ぶ線とのなす角度 θ が 0 度より大きくかつ 4 5 度より小さくなるように補助パターン 3 2 が配置されている (第 2 の補助パターン)。

30

【 0 0 3 6 】

最後に、所望のパターン 3 1 のパターン周期がある程度大きくなると、図 4 (c) に模式的に示すように、通常の配置における格子 3 6 を 4 5 度傾けた格子 3 7 の格子点上に補助パターン 3 2 を配置することが可能になる。換言すれば、所望のパターン 3 1 のうち真中のパターンからパターンの周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線がある。その線と、その真中の所望パターンからその垂直な方向に最も近い補助パターン 3 2 の中心とその真中のパターンの中心とを結ぶ線とのなす角度 θ が 4 5 度となるように補助パターン 3 2 が配置されている (第 3 の補助パターン)。このような補助パターン 3 2 の配置を「対角配置」と定義する。

40

【 0 0 3 7 】

以上のように、所望のパターン 3 1 に対して 3 種類の補助パターン 3 2 の配置があるが、本発明者らは、所望のパターン 3 1 のパターン周期に対して何れの補助パターン 3 2 の配置が最適であるかを特定したので、その結果を以下に示す。

【 0 0 3 8 】

本実施形態では、所望のパターン 3 1 として、図 5 に示すように、コンタクトホールが 5 つ並んでいるパターンとする。コンタクトホールの大きさは 1 2 0 n m で、パターン周期は p であるとする。パターン周期 p の値を 2 2 0 n m 乃至 4 4 0 n m まで変化させた際に、上述の 3 種類の補助パターン 3 2 の配置を比較した。

【 0 0 3 9 】

比較の対象となった値は、縦横方向 (x y 方向) のコントラスト及び焦点深度である。

50

縦横方向のコントラストの比較を、それぞれ図 6 (a) 及び図 6 (b) に示す。図 6 (a) 及び図 6 (a) の縦軸は、通常の配置においてパターン周期 p が 240 nm であるときの値でそれぞれ規格化した値、横軸は半周期を k_1 に換算した値を採用している。より具体的には、図 6 (a) の縦軸は 0.32 で、図 6 (b) の縦軸は 0.48 で規格化されている。

【 0 0 4 0 】

焦点深度の結果を、図 6 (c) に示す。図 6 (c) の縦軸は、焦点深度を見積もったもので通常の配置においてパターン周期 p が 240 nm であるときの値で規格化した値、横軸は半周期を k_1 に換算した値を採用している。より具体的には、図 6 (c) の縦軸は $0.31\text{ }\mu\text{m}$ で規格化されている。

10

【 0 0 4 1 】

図 6 (a) 乃至図 6 (c) の結果から、所望のパターンの各パターン周期において最適な補助パターンの配置がわかる。図 6 (a) 乃至図 6 (c) の結果を導く際に用いた照明系は、図 7 に示すように、十字型の遮光部 4 2 において $a = 0.6$ 、 $b = 0.5$ 、透光部 4 1 及び遮光部 4 2 において $c = 0.92$ とした有効光源形状である。

【 0 0 4 2 】

図 6 (a) 乃至図 6 (c) において、パターン周期 p が 240 nm における値を基準にしているのは、本発明者らが実験的にその条件で露光に成功しているからである。かかる実験結果を図 8 に示す。図 8 を参照するに、デフォーカス - $0.20\text{ }\mu\text{m}$ 、 $0.00\text{ }\mu\text{m}$ 、 $0.25\text{ }\mu\text{m}$ のいずれにおいても、 120 nm のコンタクトホールが解像していることがわかる。このとき、ウェハとしてのシリコン基板に反射防止膜を塗布し、厚さ 350 nm の TOK - DP 746 HC をレジストとして塗布してある。

20

【 0 0 4 3 】

このように、所望のパターンのパターン周期に応じて最適な補助パターンの配置があるわけだが、この理由は各パターンの配置における回折光をみればわかる。例えば、図 5 において、パターン周期 p が 360 nm (半周期の k_1 換算値は約 0.52) であるとする。このとき、通常の配置による回折光は図 9 (a) に示すようになり、ずれた配置による回折光は図 9 (b) に示すようになり、対角配置による回折光は図 9 (c) に示すようになる。図 9 に示した座標の値は、 $NA /$ で規格化してあり、半径 1 の円は瞳を表している。図 9 を参照するに、高次回折光が瞳に入るとパターンの形状はよくなるが、それだけ焦点深度が小さくなる。パターン周期 p が 360 nm のとき半周期の k_1 換算値は約 0.52 であり、このとき一番焦点深度がよいのは対角配置であることが図 6 (c) からわかるが、これは図 9 の回折光の分布を見てもわかるだろう。

30

【 0 0 4 4 】

図 9 (a) では、瞳内に一直線上に 3 つの回折光が入ることによる 3 光束干渉が発生していることがわかる。例えば、規格化された座標において、 $(0, 1.9)$ と $(0, 0.95)$ と $(0, 0)$ の位置にある 3 つの一直線上にある回折光が 3 光束干渉している。一直線上にある 3 光束干渉は、デフォーカスに依存する干渉である。同様に、図 9 (b) でも、一直線上に並んだ 3 光束干渉があることがわかる (例えば、規格化された座標において、 $(0, 1.9)$ と $(0, 0.95)$ と $(0, 0)$ の位置にある 3 つの一直線上にある回折光が 3 光束干渉している)。しかし、図 9 (c) では、一直線上に並んだ 3 光束干渉はなく、2 光束干渉だけである。2 光束干渉は、3 光束干渉に比べてデフォーカスに強いいため、 k_1 換算値が約 0.52 では対角配置が一番焦点深度がよいことになる。しかし、パターン周期が小さくなっていくと対角配置ができなくなる。この場合、通常の配置とずれた配置とを比較するわけであるが、通常の配置では 2 光束干渉で像を形成するが、ずれた配置では一直線上にない 3 光束が干渉して像を形成する。このことは、図 9 (b) で六角形状に回折光が発生していることから予想されることである。この場合、単純な 2 光束干渉よりも、一直線上にない 3 光束干渉の方がコントラストが高いため、結果として、焦点深度がよくなる。それゆえ、 k_1 換算値が 0.35 近傍では、ずれた配置がよいのである。

40

50

【 0 0 4 5 】

本実施形態において、あるパターン周期の所望のパターンに対して最適な補助パターンの配置（即ち、通常の配置、ずれた配置、対角配置のいずれか）が明らかになった。以下、パターン周期の決定方法を図 10 を参照して説明する。ここで、図 10 は、パターン周期の決定方法を説明するためのフローチャートである。

【 0 0 4 6 】

投影露光装置の解像力は、 0.25 と 2 という数字を境に変化することが多い。そのため、図 10 においては、解像する最小ホール径を決定する g_1 を 0.25 以上 0.25×2 以下とすればよい。通常の露光方法で解像できるかできないかを判断する g_2 を 0.25×2 以上 0.5 以下とすればよい。2 光束干渉と 3 光束干渉を判断する g_3 を 1.0 以上 2 以下とすればよい。パターンの密度を判断する g_4 を 0.5×2 以上 1.0 以下とすればよい。パターン間隔を判断する g_5 を 0.25 以上 0.25×2 以下とすればよい。なお、 g_1 、 g_2 、 g_3 、 g_4 、 g_5 、 g_6 の値は、例えば、それぞれ 0.29 、 0.40 、 1.20 、 0.80 、 0.25 としてもよい。孤立コンタクトホールパターン（孤立ホールパターン）に対しては、基本的にホール径を半周期とし、前述した周期パターンと同様の方法で正方格子を形成していけばよい。しかしながら、孤立パターンに対して「ずれた配置」を適用する場合には、図 18 に示したように、所望の孤立コンタクトホールパターン 181 を中心に補助パターン 182 が略正六角形状の格子 183 を形成するように補助パターン 182 を配置すると良い。この時も、所望のパターン 181 からそのホール径を半周期として、補助パターン 182 を配置すると良い。図 18 は、孤立ホールに対する補助パターンの配置を示した図である。

【 0 0 4 7 】

まず、所望のパターンのホール径 D が g_1 未満であるかどうかを判断する（ステップ 1002）。ステップ 1002 が、そうであると判断すれば異常終了する（ステップ 1004）。一方、ステップ 1002 がそうでないと判断すれば、所望のパターンのホール径が g_2 以下であるかどうかを判断する（ステップ 1006）。ここで、所望のパターンの周期を P_1 とし、補助パターン半周期の初期値 P_2 を P_1 に設定する。

【 0 0 4 8 】

ステップ 1006 で P_1 が g_2 以下であると判断した場合フローチャートは第 1 の部と呼ばれる手続きをとる。第 1 の部では初めに、 P_2 を k_1 で換算した場合に g_3 以上であるかどうかを判断する（ステップ 1010）。

【 0 0 4 9 】

ステップ 1010 が g_3 以上ではないと判断した場合に、 P_2 を周期として採用する（ステップ 1012）。ステップ 1010 が g_3 以上であると判断すれば、 $i = i + 1$ において（ステップ 1014）、 P_1 を i 分割したものを P_2 として（ステップ 1016）、ステップ 1010 に帰還する。最終的には、 P_2 を周期として採用する（ステップ 1012）。

【 0 0 5 0 】

ステップ 1006 で P_1 が g_2 以下でないと判断した場合フローチャートは第 2 の部と呼ばれる手続きをとる。 P_2 を k_1 で換算した場合に g_4 以上であるかどうかを判断する（ステップ 1020）。ステップ 1020 が g_4 以上であると判断した場合には、 P_2 からホール径を引いた値の k_1 が g_5 以下であるかどうかを判断し（ステップ 1022）、そうでなければ孤立パターンとして扱うか第 1 の部の手続きをとる（ステップ 1026）。一方、ステップ 1020 が g_4 以上でないと判断した場合又はステップ 1022 が g_5 以下であると判断した場合には、 P_2 を周期として採用する（ステップ 1024）。

【 0 0 5 1 】

所望のパターンが 1 次元的に並んでいるときは、図 10 に示すフローチャートからパターン周期を求めることができる。所望のパターンが 2 次元的に並んでおり、且つ、パターンの配置が四角形状の格子を基本にしているときは、原則的には、所望のパターンの縦方向及び横方向のそれぞれについて周期を求め、それぞれの方向のパターン周期に適した補

助パターンの配置をとればよい。

【0052】

補助パターンは、基本的に、所望のパターンのまわりに2周分、若しくは、3周分配置すれば十分であるが、1周でも効果が得られる。そのため、ある所望のパターンから所望パターンのホール径の1.2倍以上離れたところに存在する所望のパターンに対しては、別の所望のパターンとみなすべきである。例えば、図11に示すように、隣接するコンタクトホール51の中心間隔が、ホール径の1.2倍以下であるパターンをまとめてパターン群Aとし、同様に、パターン群Bを定義する。このとき、パターン群Aとパターン群Bとの間隔dがホール径の1.2倍以上であれば、それぞれのパターン群で独立にパターン周期を求めればよい。ここで、図11は、所望のパターンのパターン群を定義するための模式図である。

10

【0053】

補助パターンの一边の長さが所望のパターンの50%から90%以内であればよいことが確かめられているが、通常は、75%程度でよい。もしくは、補助パターンの面積が所望パターンの25%から80%以内であればよい。

【0054】

これらの原理は様々なパターンに応用することができる。それらの例は、以下の実施例において明らかにされるであろう。

【実施例1】

【0055】

図6に示す結果を検討し、更にパターン周期を半分にした通常の配置を考えたところ、図12に示すような結論を得ることができた。図12の結論が正しいのかどうかを調べるために、図5において、ホール径を120nm、パターン周期pが250nm（半周期のk1換算値は約0.37に相当）であるパターンを考える。図12を参照するに、ずれた配置が一番結像性能がよいことが予想される。実際に、補助パターンの大きさを90nmとしたときの2次元強度分布の空中像を図13に示す。図13は、ベストフォーカス、デフォーカス0.10μm、0.20μm、0.30μmそれぞれの場合を示している。図13を参照するに、焦点深度が一番よいのは、ずれた配置であることがわかる。この結果、図12に示す結論が正しいことがわかる。

20

【実施例2】

【0056】

実施例1では、あるパターンに対して1種類の格子状に並べた補助パターンの配置を提案してきたが、複数種類の格子状に並べた補助パターンの配置を混在させてもよい。例えば、図14に示したように、ホール径が120nm、横方向にパターン周期が340nm（半周期のk1換算値は約0.50に相当）、縦方向にパターン周期が280nm（半周期のk1換算値は約0.41に相当）の所望のパターン31があるとする。まずは、補助パターン32aを4つのコンタクトホールパターン31のそれぞれの中心を頂点とした四角形の対角線が交わる位置及びその周辺に配置する。

30

【0057】

さて、ここで、補助パターン32aは、k1換算値が約0.50のときに対角配置が非常に有効であることが図6及び図12からわかるためそのような配置にした。しかし、k1換算値が約0.41のときは対角配置はそれほど効果をなさないこともそれらの図から分かる。ここで、図6及び図12を更に検討すると、k1換算値が約0.41のときの対角配置より、k1換算値が約0.41のときの通常の配置の方が結像性能がよい。更にそれよりも、k1換算値が約0.35のとき（即ち、パターン周期がホール径の2倍の240nmのとき）の通常の配置の方が結像性能がよいことが分かる。そこで、技巧的ではあるが、補助パターンは解像しないので自由に配置してよいという性質より、k1換算値が約0.35で通常の配置をとるように補助パターンを更に配置すればよい。図14では、所望のパターン31のまわりにk1換算値が約0.35になるように、補助パターン32bを通常配置した。こうした方が結像性能がよくなった。ここで、図14は、複数種類の

40

50

配置が混在したマスクを模式的に示した平面図である。

【 0 0 5 8 】

なお、この実施例では、横方向のパターン周期に応じて配置した補助パターンと、ホール径に応じて配置した補助パターンとを混在させた。しかし、横方向のパターン周期に応じて配置した補助パターンと、縦方向のパターン周期に応じて配置した補助パターンとを混在させてもよい。

【実施例 3】

【 0 0 5 9 】

図 10 に示したフローチャートに従って、パターン周期を決定した例を示す。所望パターン 31 として、図 15 (a) に示すように、ホール径が 120 nm で縦方向のパターン周期が 250 nm (半周期の k_1 換算値が約 0.37 に相当) でホールが 13 個並んでいる。なお、図 15 (a) では中心の 3 つのホールだけを表示している。また、横方向にはホール中心の間隔が 1040 nm 離れているとする。まず、図 10 に示したフローチャートにおいて、 g_1 、 g_2 、 g_3 、 g_4 、 g_5 の値はそれぞれ 0.29、0.40、1.20、0.80、0.25 とする。縦方向に関しては、 P_2 が 250 nm (半周期の k_1 換算値が約 0.37) であることが求められ、横方向に関しては P_2 が 260 nm (半周期の k_1 換算値が約 0.38) であることがわかる。これらの周期に対してはずれた配置がよいので、図 15 (b) に示すように大きさ 90 nm の補助パターン 32 を配置した。

【 0 0 6 0 】

補助パターン 32 を配置しない場合と、配置した場合の空中像を比較したので、結果を図 15 (c) に示す。補助パターン 32 を配置した方が明らかに結像性能がよいことがわかる。

【 0 0 6 1 】

以上のことから、コンタクトホールパターンのパターン周期に応じて補助パターンを最適に配置することにより、例えば、0.15 μm 以下の微細なホール径を有するパターンを高解像度で露光可能なマスクを製造することができることが分かる。即ち、コンタクトホールパターンの周期に応じて、コンタクトホールパターンのうちあるコンタクトホールパターンから周期方向に対して垂直方向に伸ばした線と、そのあるコンタクトホールパターンから垂直方向に最も近い補助パターンの中心とそのあるコンタクトホールのパターンの中心とを結ぶ線とのなす角度を最適に設定することにより高解像度で露光可能なマスクを製造することができる。より具体的には、コンタクトホールパターンの半周期を数式 1 で表される k_1 で換算し、換算された k_1 に基づいて、補助パターンの配列を、コンタクトホールパターンのうち真中のパターンからパターンの周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、その真中のコンタクトホールパターンからその垂直な方向に最も近い補助パターンとその真中のパターンとを結ぶ線とのなす角度が 0 度となるように配置する第 1 の補助パターン (即ち、通常の配置)、又は、コンタクトホールパターンのうち真中のパターンからパターンの周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、その真中のコンタクトホールパターンからその垂直な方向に最も近い補助パターンとその真中のパターンとを結ぶ線とのなす角度が 0 度より大きくかつ 45 度より小さくなるように配置する第 2 の補助パターン (即ち、ずれた配置)、又は、コンタクトホールパターンのうち真中のパターンからパターンの周期方向に対して垂直な方向に伸ばした線と、その真中のコンタクトホールパターンからその垂直な方向に最も近い補助パターンとその真中のパターンとを結ぶ線とのなす角度が 45 度となるように配置する第 3 の補助パターン (即ち、対角配置) のいずれかを決定すればよい。

【 0 0 6 2 】

例えば、図 6 (a) 及び図 12 から、パターンの半周期の k_1 換算値が 0.25 乃至 0.34 の範囲を第 1 の領域とする。また、その k_1 換算値が 0.34 乃至 0.42 の範囲を第 2 の領域とする。 k_1 換算値が 0.42 乃至 0.62 の範囲を第 3 の領域とする。所望のパターンの k_1 換算値が第 1 の領域の範囲にある場合には第 1 の補助パターンを、第 2 の領域の範囲にある場合には第 2 の補助パターンを、第 3 の領域の範囲にある場合には

10

20

30

40

50

第3の補助パターンを選択するようにする。

【0063】

更に、図6(c)及び図12から、第2の領域のうち、 k_1 換算値が0.4乃至0.45の範囲を第4の領域とし、所望のパターンの k_1 換算値が第4の領域の範囲にある場合には第1の補助パターンを選択するようにしてもよい。

【0064】

また、図12より明らかなように、 k_1 換算値が0.25乃至0.32の範囲では、第1の補助パターンを、 k_1 換算値が0.45乃至0.62の範囲では、第3の補助パターンを、選択するのが最適である。

【0065】

これにより、所望のパターンに対して最適な補助パターンの配置がわかり、最適な補助パターンで高解像な露光を行うことが可能となる。また、最適な補助パターンの配置を求めるための露光を行う必要がないため、開発時間を短縮でき、その結果開発コストを低下させることができる。

【0066】

なお、以上の実施例においては、所望のパターンとして正方形のコンタクトホールパターンを示したが、それ以外にも長方形等のその他の形状をしたコンタクトホールパターン等にも、本発明は適用可能である。

【0067】

以下、図1を参照して、本発明のマスクを露光する露光装置300について説明する。ここで、図1は、本発明の例示的な露光装置300の概略ブロック断面図である。露光装置300は、図1に示すように、上述のマスクを照明する照明装置310と、照明されたマスクパターンから生じる回折光をプレート340に投影する投影光学系330と、プレート340を指示するステージ345とを有する。

【0068】

露光装置300は、例えば、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でマスク320に形成された回路パターンをプレート340に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適であり、以下、本実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置(「スキャナー」とも呼ばれる。)を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」とは、マスクに対してウェハを連続的にスキャン(走査)してマスクパターンをウェハに露光すると共に、1ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。「ステップ・アンド・リピート方式」とは、ウェハの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットの露光領域に移動する露光方法である。

【0069】

照明装置310は、転写用の回路パターンが形成されたマスク320を照明し、光源部312と、照明光学系314とを有する。

【0070】

光源部312は、例えば、光源としては、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長約248nmのKrFエキシマレーザー、波長約157nmのF2レーザーなどを使用することができる。しかし、光源の種類は限定されないし、その光源の個数も限定されない。また、光源部312にレーザーが使用される場合、レーザー光源からの平行光束を所望のビーム形状に整形する光束整形光学系、コヒーレントなレーザー光束をインコヒーレント化するインコヒーレント化光学系を使用することが好ましい。

【0071】

照明光学系314は、マスク320を照明する光学系であり、レンズ、ミラー、ライトインテグレーター、絞り等を含む。例えば、コンデンサーレンズ、ハエの目レンズ、開口絞り、コンデンサーレンズ、スリット、結像光学系の順で整列する等である。照明光学系314は、軸上光、軸外光を問わずに使用することができる。ライトインテグレーターは

10

20

30

40

50

、ハエの目レンズや２組のシリンドリカルレンズアレイ（又はレンチキュラーレンズ）板を重ねることによって構成されるインテグレーター等を含むが、光学ロッドや回折素子に置換される場合もある。

【００７２】

マスク３２０は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、図示しないマスクステージに支持及び駆動される。マスク３２０から発せられた回折光は、投影光学系３３０を通りプレート３４０上に投影される。マスク３２０とプレート３４０は、光学的に共役の関係にある。本実施形態の露光装置３００は、スキャナーであるため、マスク３２０とプレート３４０を縮小倍率比の速度比でスキャンすることによりマスク３２０のパターンをプレート３４０上に転写する。なお、ステップ・アンド・リピート方式の露光装置（「ステッパー」とも呼ばれる。）の場合は、マスク３２０とプレート３４０とを静止させた状態で露光が行われる。かかるマスク３２０には、上述の所望のパターンと補助パターンが形成される。

10

【００７３】

投影光学系３３０は、屈折系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚の凹面鏡とを有する光学系（反射屈折系）、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系、反射系の光学系等を使用することができる。色収差の補正が必要な場合には、互いに分散値（アッベ値）の異なるガラス材からなる複数のレンズ素子を使用したり、回折光学素子をレンズ素子と逆方向の分散が生じるように構成したりする。

【００７４】

20

プレート３４０は、ウェハや液晶基板などの被処理体でありフォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトレジスト塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は、洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyl-disilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークは、ベークリング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

【００７５】

ステージ３４５は、プレート３４０を支持する。ステージ３４５は、当業界で周知のいかなる構成をも適用することができるので、ここでは詳しい構造及び動作の説明は省略する。例えば、ステージ３４５は、リニアモーターを利用してXY方向にプレートを移動することができる。マスク３２０とプレート３４０とは、例えば、同期走査され、ステージ３４５と図示しないマスクステージの位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。ステージ３４５は、例えば、ダンパを介して床等の上に支持されるステージ定盤上に設けられ、マスクステージ及び投影光学系３３０は、例えば、床等に載置されたベースフレーム上にダンパ等を介して支持される図示しない鏡筒定盤上に設けられる。

30

【００７６】

露光において、光源部３１２から発せられた光束は、照明光学系３１４によりマスク３２０を、例えば、ケラー照明する。マスク３２０を通過してマスクパターンを反映する光は、投影光学系３３０によりプレート３４０に結像される。露光装置３００が使用するマスク３２０は、補助パターンが所望のパターンの結像性能を高め（例えば、円形に近づける）、焦点深度を増加するので作業性を高めて従来よりも高品位なデバイスを提供することができる。

40

【００７７】

次に、図１６及び図１７を参照して、上述の露光装置３００を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図１６は、デバイスの製造方法を実行するためのプログラムを説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ１（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ２（マスク製作）では、設計した回路パターン形成に適したマスクを製作する。ステップ３（ウェハ製造）で

50

は、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いて本発明のリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【0078】

10

図17は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、上述の露光装置300によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施例のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位なデバイスを製造することができる。

20

【0079】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本実施形態のマスクは、バイナリーマスクとしたが、ハーフトーンマスクであってもよい。なお、ハーフトーンマスクとは、バイナリーマスクの遮光部にあたる部分を、光強度を減衰させ、且つ、透光部との位相差を180度に保つように変えたマスクである。同様に、隣合う開口部を透過した光に互いに180度の位相差を設けるようにしたいわゆる位相シフトマスクも適用することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0080】

【図1】本発明の一実施形態としての露光装置の単純化された光路図である。

【図2】通常マスクと本発明の一側面としての露光方法に用いられるマスクの概略平面図、及び、所望のコンタクトホールパターンを示す図である。

【図3】本発明の露光方法に適用可能な照明系の有効光源の形状を示す図である。

【図4】本発明の露光方法に適用可能なマスクパターンを模式的に示した平面図である。

【図5】所望のコンタクトホールパターンを模式的に示した平面図である。

【図6】図5に示すコンタクトホールパターンのパターン周期を変えた際に、3種類の補助パターンの配置によって結像性能がどのように変化したかを示すグラフである。

【図7】図6の結果を得る際に用いた有効光源形状を模式的に示した平面図である。

40

【図8】図7に示す有効光源形状の照明でパターン周期240nmのコンタクトホールパターンを露光した結果を示す図である。

【図9】図5に示すマスクから生じた瞳面上での回折光の分布及び結像を模式的に示す図である。

【図10】パターン周期の決定方法を説明するためのフローチャートである。

【図11】所望のパターンのパターン群を定義するための模式図である。

【図12】所望のパターンのk1と複数種類の補助パターンとの関係を表す図である。

【図13】ホール径120nm、パターン周期250nmの所望のパターンに大きさ90nmの補助パターンをずれた配置で配置したときの2次元強度分布の空中像を示す図である。

50

【図 1 4】複数種類の配置が混在したマスクを模式的に示した平面図である。

【図 1 5】所望のパターンと補助パターンとの配置の関係を示す平面図、及び、かかるパターンの 2 次元強度分布の空中像を示す図である。

【図 1 6】デバイス（ＩＣやＬＳＩなどの半導体チップ、ＬＣＤ、ＣＣＤ等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図 1 7】図 1 6 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである

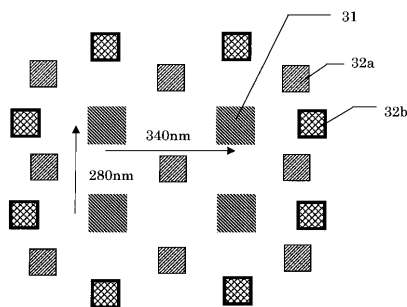
【図 1 8】孤立ホールに対する補助パターンの配置を示した図である

【符号の説明】

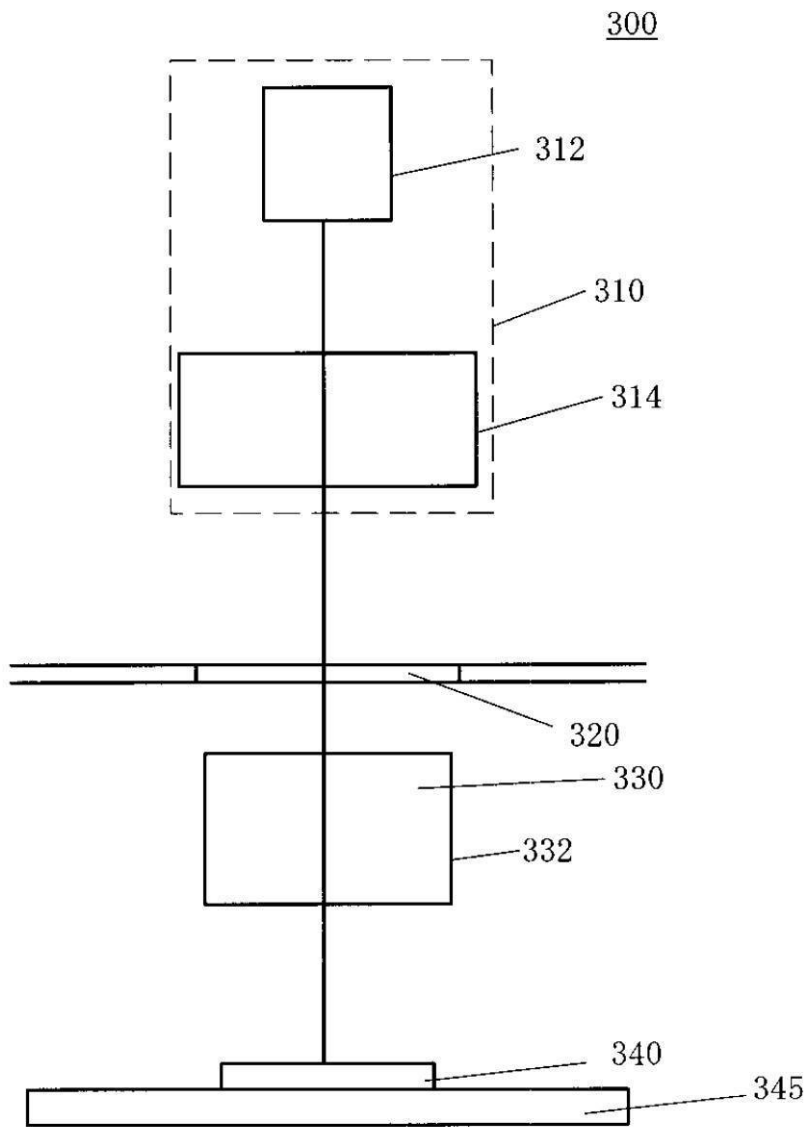
【 0 0 8 1 】

3 1	所望のパターン（透過部）	10
3 2	補助パターン（微小透過部）	
3 3	遮光部	
3 4	所望のパターン	
3 6、3 7	格子	
4 1	透光部	
4 2	遮光部	
5 1	コンタクトホール	
3 0 0	露光装置	
3 1 0	照明装置	
3 2 0	マスク	20
3 3 0	投影光学系	
3 4 0	プレート	
3 4 5	ステージ	

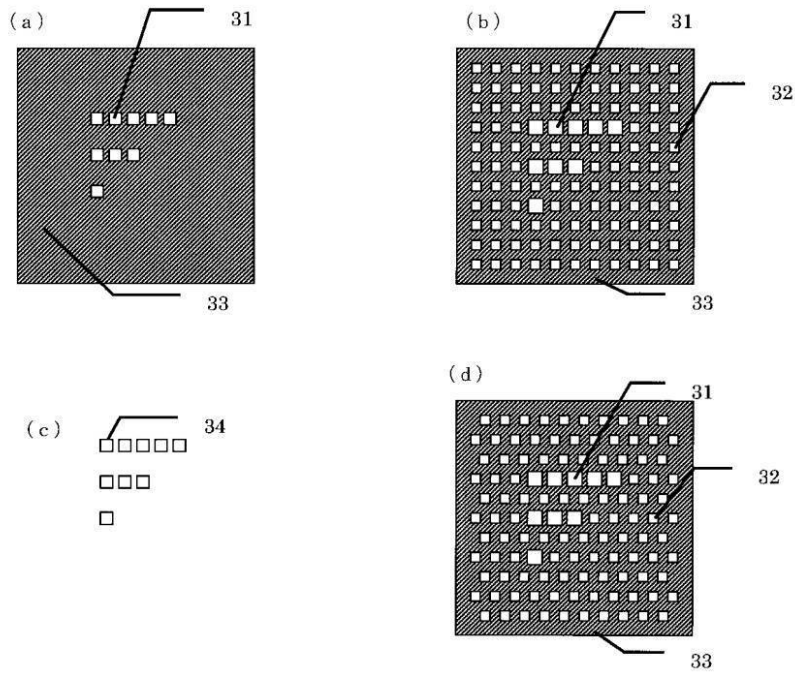
【図 1 4】



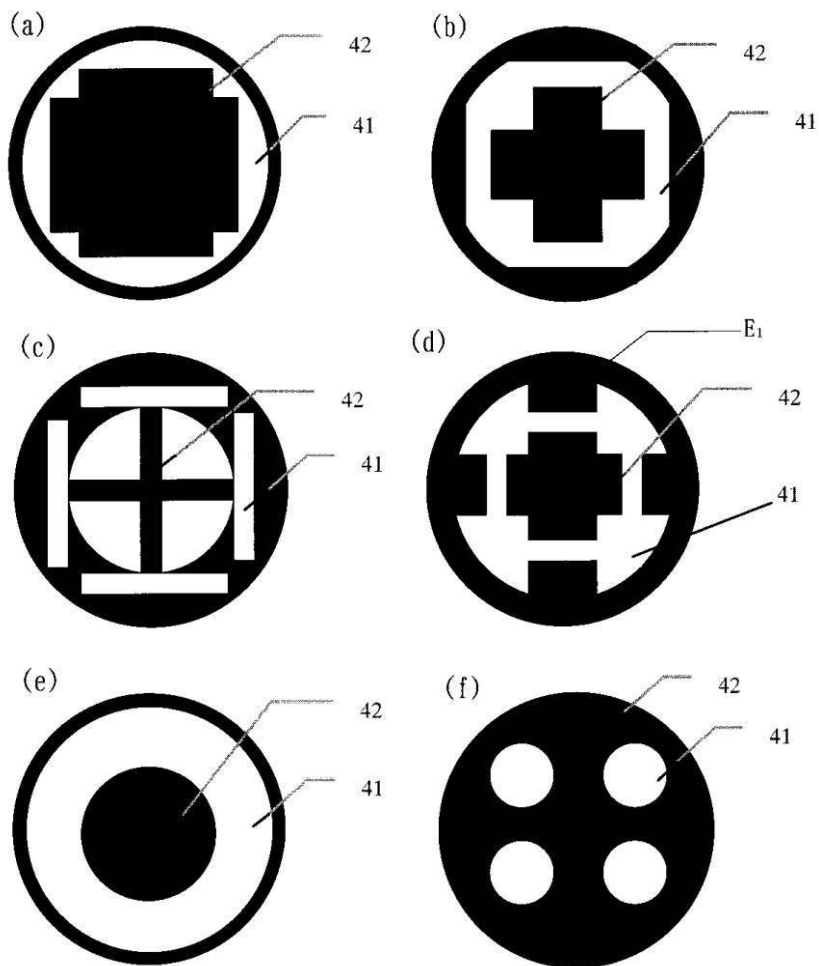
【図 1】



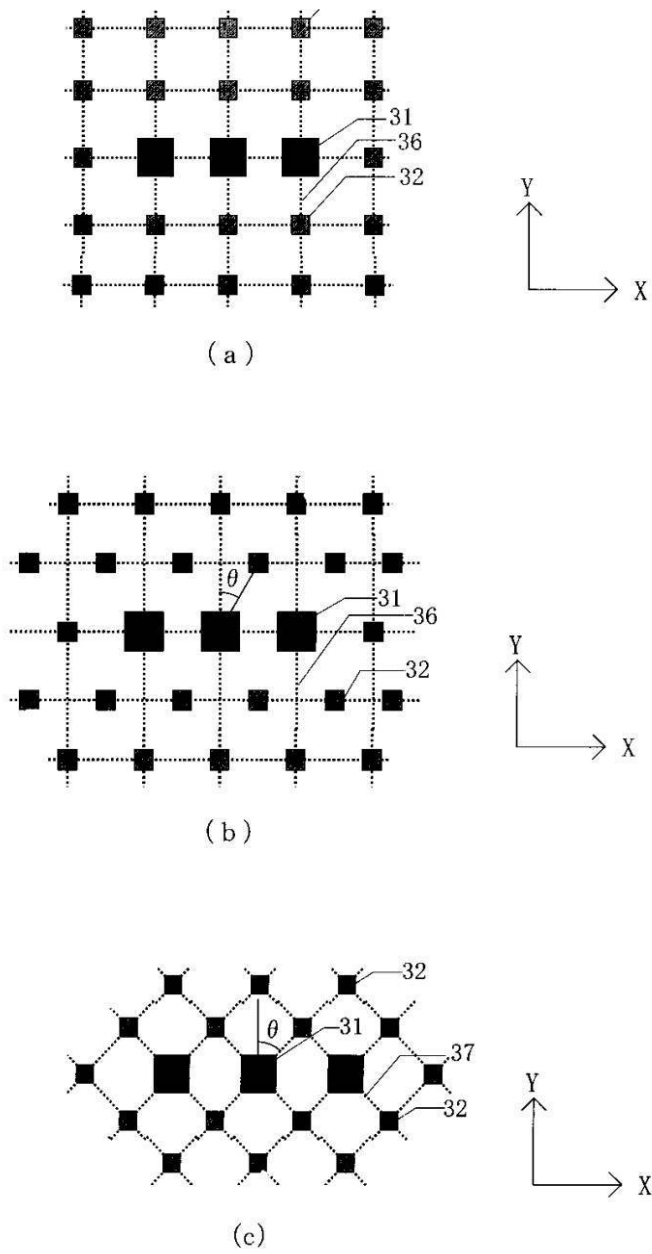
【図 2】



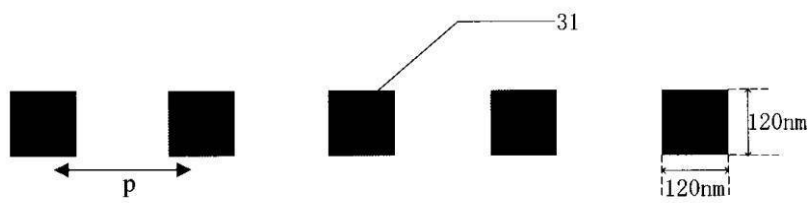
【図 3】



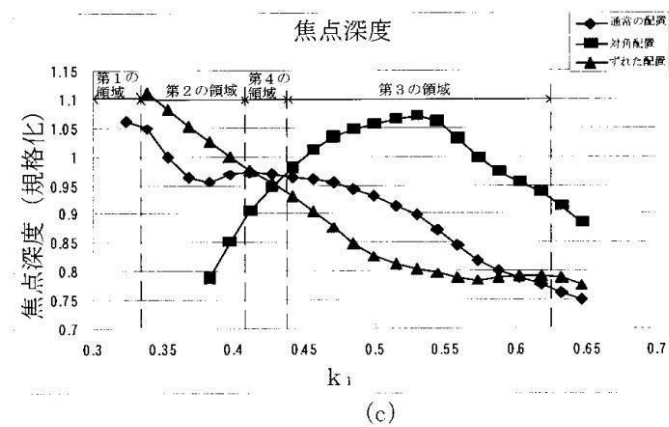
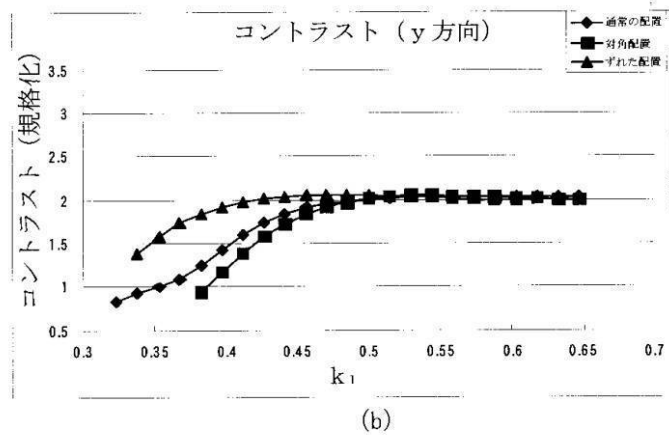
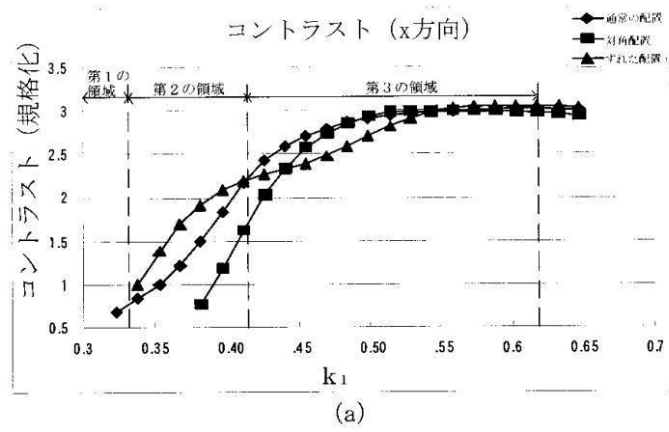
【図 4】



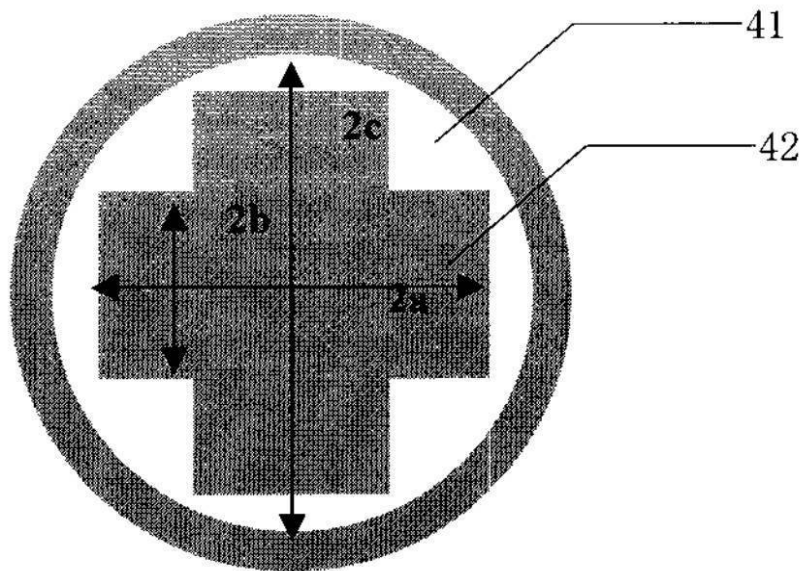
【図 5】



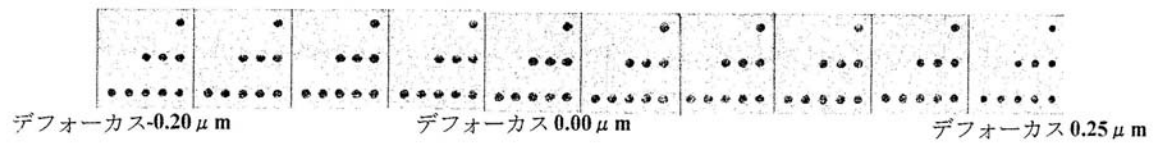
【図6】



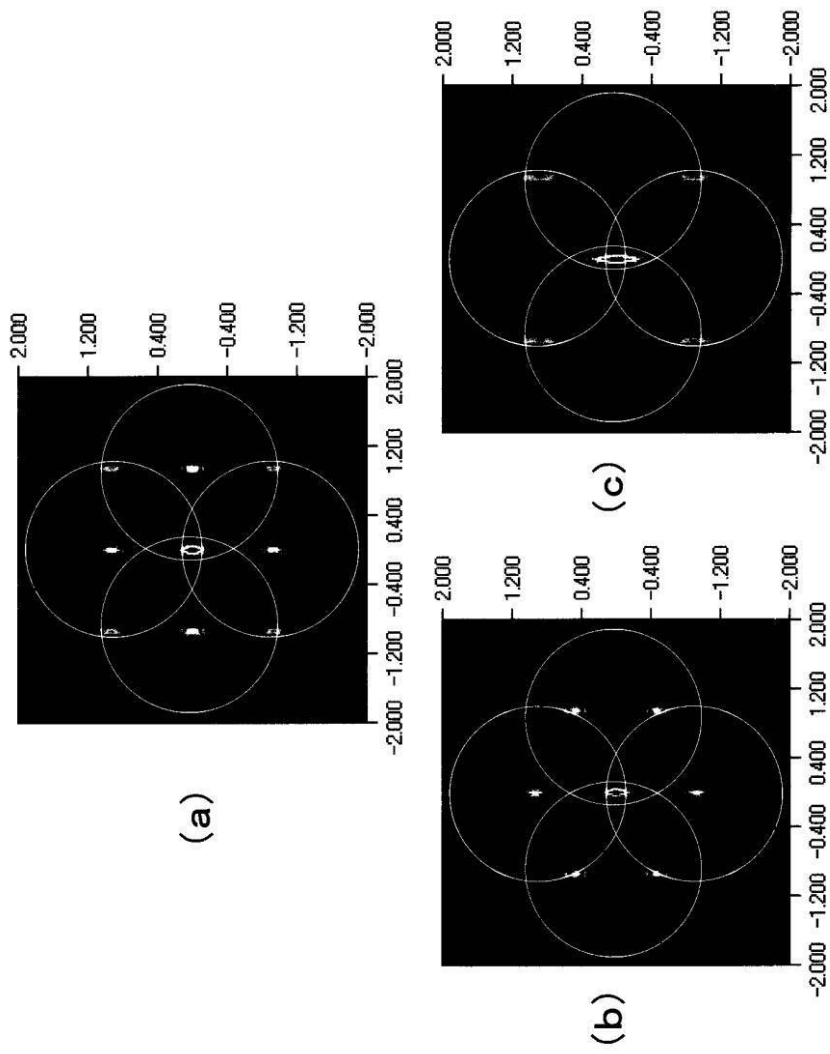
【図 7】



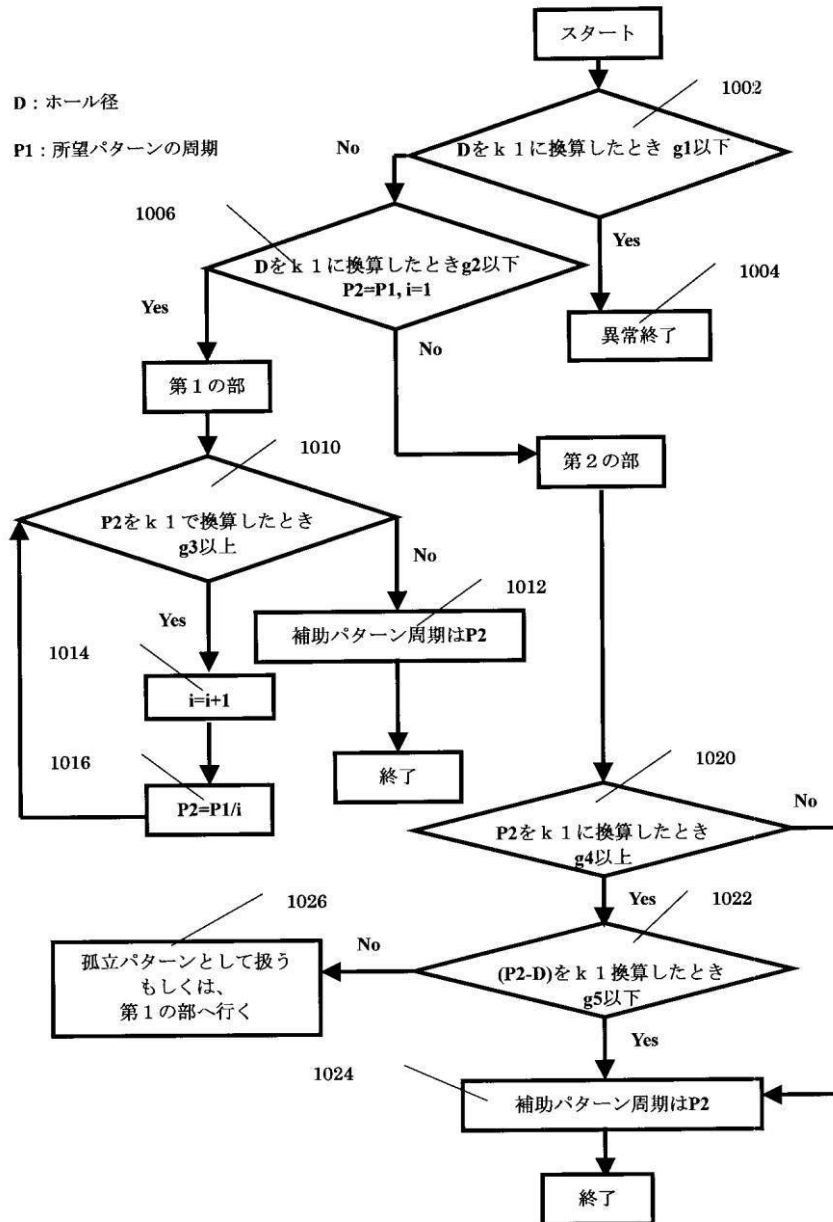
【図 8】



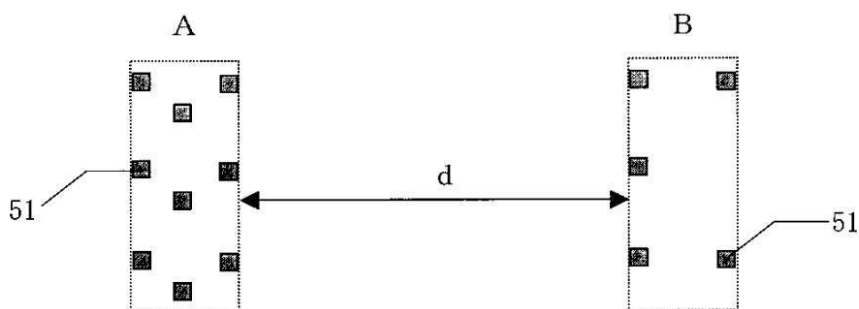
【 図 9 】



【図10】















【図11】



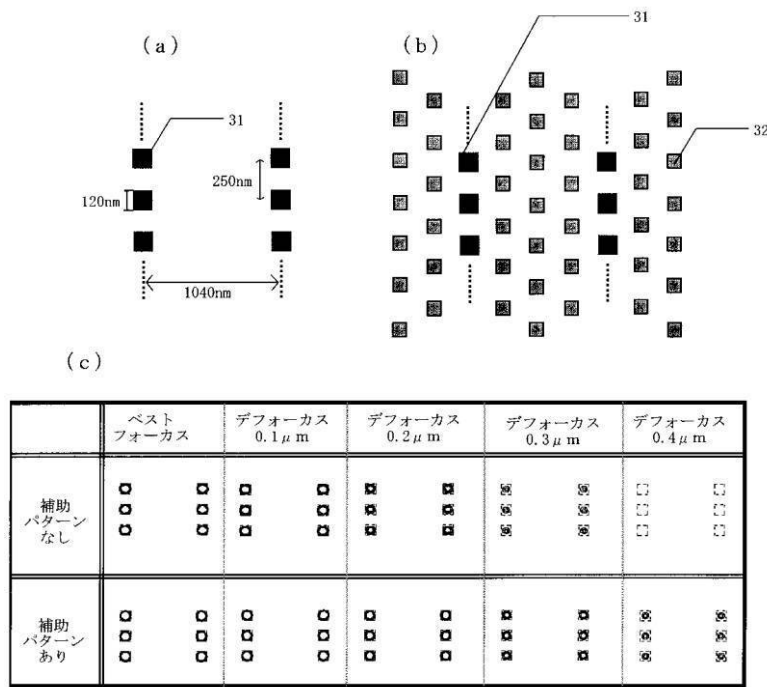
【図 1 2】

ハーフピッチ に対する k_1	コメント	通常の 配置	ずれた 配置	対角 配置
0.25~0.32	通常の配置しかまともなパターンが 解像しない。	◎		
0.32~0.35	通常の配置かずれた配置が良いが、 ずれた配置は楕円になる傾向が強 い。	○	○	
0.35~0.38	ずれた配置が良い。	○	◎	
0.38~0.43	通常の配置が良い。	◎		
0.43~0.45	通常の配置か対角配置が良い。	○		◎
0.45~0.62	対角配置が良い。ただ、 k_1 が0.6より大き くなると徐々に周期を半分にした通常の 配置が性能を発揮してくる。			◎
0.62~0.65	周期を半分にした通常の配置が良い。	◎		

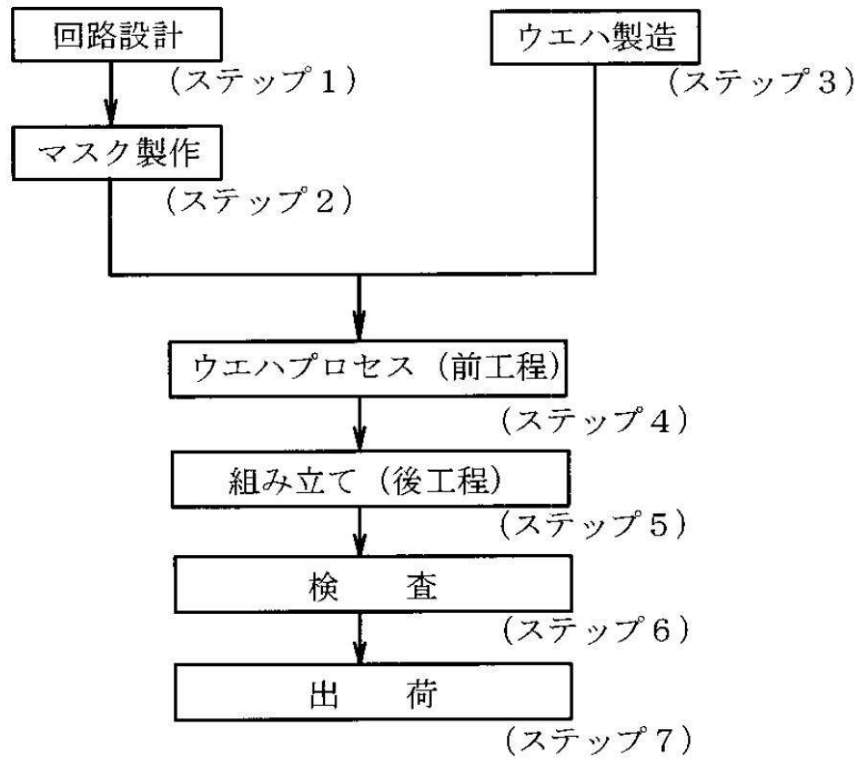
【図 1 3】

	ベストフォーカス	デフォーカス 0.10 μ m	デフォーカス 0.20 μ m	デフォーカス 0.30 μ m
通常の配置				
対角配置				
ずれた配置				

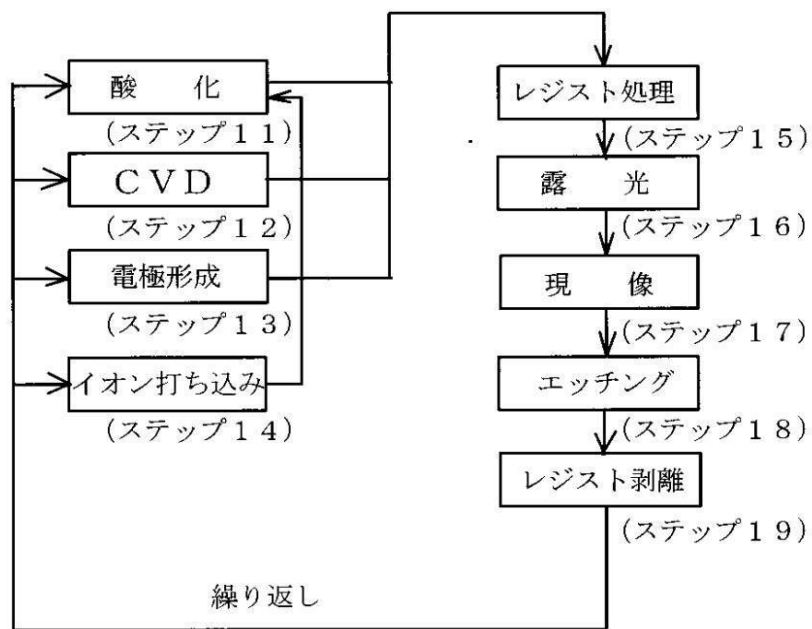
【図 15】



【図 16】

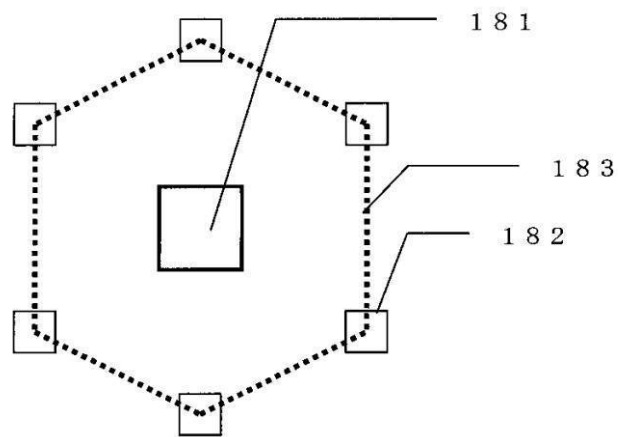


【図 17】

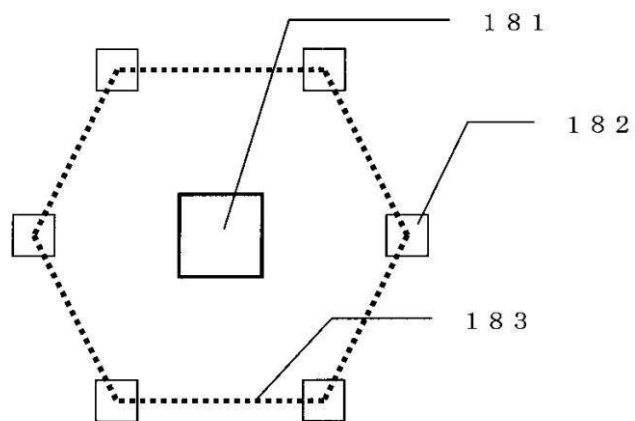


【図 18】

(a)



(b)



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 0 1 L 21/82 (2006.01)

(56)参考文献 特開 2 0 0 2 - 1 2 2 9 7 6 (J P , A)

特開平 0 3 - 0 1 5 8 4 5 (J P , A)

特開平 1 1 - 0 0 8 1 7 9 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 1 1 0 7 1 9 (J P , A)

特開 2 0 0 3 - 2 0 3 8 5 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 L 2 1 / 0 2 7

G 0 3 F 7 / 2 0

G 0 3 F 1 / 0 8