(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3639726号
(P3639726)
(45)発行日　平成17年4月20日(2005.4.20)　(24)登録日　平成17年1月21日(2005.1.21)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G03F 1/08　G03F 1/08 A
H01L 21/027　H01L 21/30 502Z

請求項の数 14　(全 37 頁)

(21)出願番号　特願平10-221096
(22)出願日　平成10年7月21日(1998.7.21)
(65)公開番号　特開2000-39699(P2000-39699A)
(43)公開日　平成12年2月8日(2000.2.8)
審査請求日　平成12年5月18日(2000.5.18)
審判番号　不服2003-2025(P2003-2025/J1)
審判請求日　平成15年2月6日(2003.2.6)

(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　100086818
弁理士　高梨　幸雄
(72)発明者　杉田　充朗
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

合議体
審判長　末政　清滋
審判官　瀬川　勝久
審判官　辻　徹二

(56)参考文献　特開平７－２２６３６２（ＪＰ，Ａ）
特開平９－３４０９５（ＪＰ，Ａ）

(54)【発明の名称】計算装置及び計算方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

微細線パターンを用いて所定のレジスト特性を有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを現像工程を挟まずに行うことにより前記基板上に所望のパターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算装置であって、

前記ラフパターンは前記通常パターン露光において解像する線幅を有する第１パターンと前記通常パターン露光において解像しない線幅を有する第２パターンを有しており、

前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記第１パターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記第２パターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、

前記微細線パターンのデータを作成する微細線パターン取扱手段と、前記ラフパターンのデータを作成するラフパターン取扱手段と、前記レジスト特性パラメータを入力および／または表示する特性パラメータ取扱手段と、前記形成パターンのデータを入力および／または表示する形成パターン取扱手段と、前記４つの取扱手段のうち、いずれか３つの取扱手段によりデータおよび／またはパラメータが入力された場合に、残り１つの取扱手段

が取り扱うデータまたはパラメータを演算し出力する演算手段とを具備していることを特徴とする計算装置。

【請求項２】

微細線パターンを用いて所定のレジスト特性パラメータを有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを現像工程を挟まずに行うことにより前記基板上に所望のパターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算装置であって、

前記ラフパターンは透過率が０のパターンと０でない第１の透過率を有するパターンと第２の透過率を有するパターンとを有しており、

前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記ラフパターンの前記第１の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記ラフパターンの前記第２の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、

前記微細線パターンのデータを作成する微細線パターン取扱手段と、前記ラフパターンのデータを作成するラフパターン取扱手段と、前記レジスト特性パラメータを入力および／または表示する特性パラメータ取扱手段と、最終的な形成パターンデータを入力および／または表示する形成パターン取扱手段と、前記４つの取扱手段のうち、いずれか３つの取扱手段によりデータおよび／またはパラメータが入力された場合に、残り１つの取扱手段が取り扱うデータまたはパラメータを演算し出力する演算手段とを具備していることを特徴とする計算装置。

【請求項３】

前記ラフパターン取扱手段が、前記ラフパターンが露光装置を介して前記基板上に形成するラフパターン像のデータを作成及び／又は表示する機能を有しており、

前記ラフパターンデータから、前記ラフパターン像データを演算し出力することが可能な像演算手段を有することを特徴とする請求項１又は２に記載の計算装置。

【請求項４】

前記微細線パターン取扱手段は、微細線パターンの周期、位置、階調を入力及び／又は表示可能であることを特徴とする請求項１乃至３いずれか１項に記載の計算装置。

【請求項５】

前記微細線パターン取扱手段は、周期的な市松模様のパターンを取扱うことを特徴とする請求項１乃至４いずれか１項に記載の計算装置。

【請求項６】

前記ラフパターン取扱手段は、パターンの位置、大きさ、階調を入力及び／又は表示可能であることを特徴とする請求項１乃至５いずれか１項に記載の計算装置。

【請求項７】

請求項１乃至６いずれか１項に記載の計算装置の計算結果に基づいて、前記基板を露光することを特徴とする露光方法。

【請求項８】

請求項７に記載の露光方法を用いて前記基板を露光することを特徴とする露光装置。

【請求項９】

請求項８に記載の露光装置を用いて前記基板を露光した後、前記基板に現像処理を施すことによりデバイスを製造していることを特徴とするデバイスの製造方法。

【請求項１０】

請求項１乃至６いずれか１項に記載の計算装置による計算結果を利用して製造したことを特徴とするマスク。

【請求項１１】

微細線パターンを用いて所定のレジスト特性パラメータを有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを、前記周期パターン露光と前記通常パターン露光との間に現像工程を経ずに行うことによって前記基板上に形成パターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算方法であって、

前記ラフパターンは前記通常パターン露光において解像する線幅を有する第１パターンと前記通常パターン露光において解像しない線幅を有する第２パターンを有しており、

前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記第１パターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記第２パターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、

前記微細線パターンのデータと前記ラフパターンのデータと前記レジスト特性パラメータと前記形成パターンのデータとのうち、３つのデータ及び／又はパラメータが作成及び／又は入力された場合に、残り１つのデータ又はパラメータを演算し出力する演算を行うことを特徴とする計算方法。

【請求項１２】

微細線パターンを用いて所定のレジスト特性パラメータを有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを、前記周期パターン露光と前記通常パターン露光との間に現像工程を経ずに行うことによって前記基板上に形成パターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算方法であって、

前記ラフパターンは透過率が０のパターンと０でない第１の透過率を有するパターンと第２の透過率を有するパターンとを有しており、

前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記ラフパターンの前記第１の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記ラフパターンの前記第２の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、

前記微細線パターンのデータと前記ラフパターンのデータと前記レジスト特性パラメータと前記形成パターンのデータとのうち、３つのデータ及び／又はパラメータが作成及び／又は入力された場合に、残り１つのデータ又はパラメータを演算し出力する演算を行うことを特徴とする計算方法。

【請求項１３】

請求項１１又は１２の計算方法に基づきプログラムしたことを特徴とするソフトウエア。

【請求項１４】

請求項１３のソフトウエアを記録したことを特徴とする記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、計算装置及び計算方法に関し、例えば微細な回路パターンで感光基板上を露光し、ＩＣ，ＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、ＣＣＤ等の撮像素子といった各種デバイスを製造する際の露光方法を考慮した回路パターンの設計システムに好適なものである。

【０００２】
【従来の技術】
従来より、ＩＣ，ＬＳＩ、液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィー技術を用いて製造するときには、フォトマスク又はレチクル等（以下、「マスク」と記す。）の面上に形成した回路パターンを投影光学系によってフォトレジスト等が塗布されたシリコンウエハ又はガラスプレート等（以下、「ウエハ」と記す。）の感光基板上に投影し、そこに転写する（露光する）投影露光方法及び投影露光装置が使用されている。
【０００３】
近年、上記デバイスの高集積化に対応して、ウエハに転写するパターンの微細化、即ち高解像度化が要求されている。従ってウエハに対する微細加工技術の中心を成す上記投影露光方法及び投影露光装置においても、現在、０．３／μｍ以下の寸法（線幅）の像（回路パターン像）を形成するべく、解像度の向上が計られている。
【０００４】
従来の投影露光装置の摸式図を図１９に示す。図１９中、１９１は遠紫外線露光用の光源であるエキシマーレーザ、１９２は照明光学系、１９３は照明光学系１９２から照射される照明光、１９４はマスク、１９５はマスク１９４から出て光学系（投影光学系）１９６に入射する物体側露光光、１９６は縮小型の投影光学系、１９７は投影光学系１９６から出て基板１９８に入射する像側露光光、１９８は感光基板であるウエハ、１９９は感光基板を保持する基板ステージを、示す。
【０００５】
エキシマレーザ１９１から出射したレーザ光は、引き回し光学系（１９０ａ，１９０ｂ）によって照明光学系１９２に導光され、照明光学系１９２により所定の光強度分布、配光分布、開き角（関口数ＮＡ）等を持つ照明光１９３となるように調整され、マスク１９４を照明する。マスク１９４にはウエハ１９８上に形成する微細パターンを投影光学系１９６の投影倍率の逆数倍（例えば２倍や４倍や５倍）した寸法のパターンがクロム等によって石英基板上に形成されており、照明光１９３はマスク１９４の微細パターンによって透過回折され、物体側露光光１９５となる。
【０００６】
投影光学系１９６は、物体側露光光１９５を、マスク１９４の微細パターンを上記投影倍率で且つ充分小さな収差でウエハ１９８上に結像する像側露光光１９７に変換する。像側露光光１９７は図１９の下部の拡大図に示されるように、所定の開口数ＮＡ（＝Ｓｉｎ（θ））でウエハ１９８上に収束し、ウエハ１９８上に微細パターンの像を結ぶ。基板ステージ１９９は、ウエハ１９８の互いに異なる複数の領域（ショット領域：１個又は複数のチップとなる領域）に順次、微細パターンを形成する場合に、投影光学系の像平面に沿ってステップ移動することによりウエハ１９８の投影光学系１９６に対する位置を変えている。
【０００７】
現在主流となりつつある上記のエキシマレーザを光源とする投影露光装置は高い投影解像力を有しているが、例えば０．１５μｍ以下のパターン像を形成することが技術的に困難である。
【０００８】
投影光学系１９６は、露光（に用いる）波長に起因する光学的な解像度と焦点深度との間のトレードオフによる解像度の限界がある。投影露光装置による解像パターンの解像度Ｒと焦点深度ＤＯＦは、次の（１）式と（２）式の如きレーリーの式によって表される。
【０００９】
$R = k_1(\lambda / NA)$ ……（１）
$DOF = k_2(\lambda / NA^2)$ ……（２）
ここで、λは露光波長、ＮＡは投影光学系１９６の明るさを表す像側の開口数、k_1，k_2はウエハ１９８の現像プロセス特性等によって決まる定数であり、通常０．５～０．７程度の値である。

【００１０】
この（１）式と（２）式から、解像度Ｒを小さい値とする高解像度化には開口数ＮＡを大きくする「高ＮＡ化」がある。しかしながら、実際の露光では投影光学系１９６の焦点深度ＤＯＦをある程度以上の値にする必要があるため、高ＮＡ化をある程度以上に進めることが難しいこと、この為、高解像度化には結局、露光波長λを小さくする「短波長化」が必要となることとが分かる。
【００１１】
ところが露光波長の短波長化を進めていくと重大な問題が発生してくる。それは投影光学系１９６を構成するレンズの硝材がなくなってしまうことである。殆どの硝材の透過率は遠紫外線領域では０に近く、特別な製造方法を用いて露光装置用（露光波長約２４８ｎｍ）に製造された硝材として溶融石英が現存するが、この溶融石英の透過率も波長１９３ｎｍ以下の露光波長に対しては急激に低下する。
【００１２】
線幅０．１５μｍ以下の微細パターンに対応する露光波長１５０ｎｍ以下の領域では実用的な硝材の開発は非常に困難である。また遠紫外線領域で使用される硝材は、透過率以外にも、耐久性、屈折率均一性、光学的歪み、加工性等の複数条件を満たす必要があり、この事から、実用的な硝材の存在が危ぶまれている。
【００１３】
このように従来の投影露光方法及び投影露光鼓置では、ウエハ上に線幅０．１５μｍ以下のパターンを形成する為には１５０ｎｍ程度以下まで露光波長の短波長化が必要である。これに対し、現在のところ、この波長領域では実用的な硝材が存在しないので、ウエハに線幅０．１５μｍ以下のパターンを形成することができなかった。
【００１４】
米国特許第５４１５８３５号公報は２光束干渉露光によって敏細パターンを形成する技術を開示しており、この２光束干渉露光によれば、ウエハに線幅０．１５μｍ以下のパターンを形成することができる。
【００１５】
２光束干渉露光の原理を図１５を用いて説明する。２光束干渉露光は、レーザ１５１からの可干渉牲を有し且つ平行光線束であるレーザ光Ｌ１５１をハーフミラー１５２によってレーザ光Ｌ１５１ａ，Ｌ１５１ｂの２光束に分割し、分割した２光束を夫々平面ミラー１５３ａ，１５３ｂによって反射することにより２個のレーザ光（可干渉性の平行光線束）を０より大きく９０度未満のある角度を成してウエハ１５４面上で交差させることにより交差部分に干渉縞を形成している。この干渉縞（の光強度分布）によってウエハ１５４を露光して感光させることで干渉縞の光強度分布に応じた微細な周期パターンをウエハ１５４に形成するものである。
【００１６】
２光束Ｌ１５１ａ，Ｌ１５１ｂがウエハ１５４面の立てた垂線に対して互いに逆方向に同じ角度だけ傾いた状態でウエハ面で交差する場合、この２光束干渉露光における解像度Ｒは次の（３）式で表される。
【００１７】
Ｒ＝λ／（４ｓｉｎθ）
＝λ／４ＮＡ
＝０．２５（λ／ＮＡ）　……（３）
ここで、ＲはＬ＆Ｓ（ライン・アンド・スペース）の夫々の幅、即ち干渉縞の明部と暗部の夫々の幅を示している。又θは２光束の夫々の像面に対する入射角度（絶対値）を表し、ＮＡ＝Ｓｉｎθである。
【００１８】
通常の投影露光における解像度の式である（１）式と２光束干渉露光における解像度の式である（３）式とを比較すると、２光束干渉露光の解像度Ｒは（１）式においてk_1＝０．２５とした場合に相当するから、２光束干渉露光ではk_1＝０．５～０．７である通常

の投影露光の解像度より２倍以上の解像度を得ることが可能である。
【００１９】
上記米国特許には開示されていないが、例えばλ＝０．２４８ｎｍ（ＫｒＦエキシマ）でＮＡ＝０．６の時は、Ｒ＝０．１０μｍが得られる。
【００２０】
【発明が解決しようとする課題】
２光束干渉露光は、基本的に干渉縞の光強度分（露光量分布）に相当する単純な縞パターンしか得られないので、所望の形状の回路パターンをウエハに形成することが難しい。
【００２１】
そこで上記米国特許第５４１５８３５号公報は、２光束干渉露光によって単純な縞パターン（周期パターン）即ち２値的な露光量分布をウエハ（のレジスト）に与えた後、露光装置の分解能の範囲内の大きさのある開口が形成されたマスクを用いて通常リソグラフィー（露光）を行なって更に別の２値的な露光量分布をウエハに与えることにより、孤立の線（パターン）を得ることを提案している。
【００２２】
しかしながら上記米国特許第５４１５８３５号公報の露光方法は、２光束干渉露光と通常露光の２つの露光法の夫々において通常の２値的な露光量分布しか形成していないので、より複雑な形状の回路パターンを得ることが難しい。
【００２３】
また、上記米国特許第５４１５８３５号公報は２光束干渉露光と通常露光の２つの露光法を組み合わせることは開示しているが、このような組み合せを達成する露光装置を具体的に示してはいない。
【００２４】
本発明は、2 光束干渉露光に代表される周期パターン（微細線パターン）露光と周期パターンを含まない通常パターン（ラフパターン）露光（通常露光）の２つの露光方法を用いることにより、複雑な形状の回路パターンをウエハに形成するときの設計段階で用いる計算装置及び計算方法の提供を目的とする。
【００２５】
又、本発明は、多重露光（感光基板上の同一領域を互いに異なる光パターンで途中に現像処理工程を介さないで露光すること）を利用して、所望の形状のパターンを得るときに該所望のパターン形状や、多重露光を行う複数のマスクのパターン形状や感光基板（レジスト）の感度特性、そして露光量等をパラメータとし、これらのパラメータのうちいくつかを特定したときにどのようなパターンや特性を選択すれば良いかを演算し、画面に表示し、設計段階で利用することができる計算装置及び計算方法の提供を目的とする。
【００２６】
又、本発明の他の目的は、線幅０．１５μｍ以下の部分を備える回路パターンを容易に得ることが可能な露光方法及び露光装置の提供にある。
【００２７】
又、本発明の他の目的は、周期パターン露光と通常露光の２つの露光方法が実施できる露光装置を提供することにある。
【００２８】
【課題を解決するための手段】
請求項１の発明の計算装置は微細線パターンを用いて所定のレジスト特性を有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを現像工程を挟まずに行うことにより前記基板上に所望のパターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算装置であって、
前記ラフパターンは前記通常パターン露光において解像する線幅を有する第１パターンと前記通常パターン露光において解像しない線幅を有する第２パターンを有しており、
前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記第１パターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記第２パターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、

前記微細線パターンのデータを作成する微細線パターン取扱手段と、前記ラフパターンのデータを作成するラフパターン取扱手段と、前記レジスト特性パラメータを入力および／または表示する特性パラメータ取扱手段と、前記形成パターンのデータを入力および／または表示する形成パターン取扱手段と、前記４つの取扱手段のうち、いずれか３つの取扱手段によりデータおよび／またはパラメータが入力された場合に、残り１つの取扱手段が取り扱うデータまたはパラメータを演算し出力する演算手段とを具備していることを特徴としている。

【００２９】

請求項２の初メインの計算装置は微細線パターンを用いて所定のレジスト特性パラメータを有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを現像工程を挟まずに行うことにより前記基板上に所望のパターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算装置であって、

前記ラフパターンは透過率が０のパターンと０でない第１の透過率を有するパターンと第２の透過率を有するパターンとを有しており、

前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記ラフパターンの前記第１の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記ラフパターンの前記第２の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、

前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、

前記微細線パターンのデータを作成する微細線パターン取扱手段と、前記ラフパターンのデータを作成するラフパターン取扱手段と、前記レジスト特性パラメータを入力および／または表示する特性パラメータ取扱手段と、最終的な形成パターンデータを入力および／または表示する形成パターン取扱手段と、前記４つの取扱手段のうち、いずれか３つの取扱手段によりデータおよび／またはパラメータが入力された場合に、残り１つの取扱手段が取り扱うデータまたはパラメータを演算し出力する演算手段とを具備していることを特徴としている。

【００３０】

請求項３の発明は、請求項１又は２の発明において前記ラフパターン取扱手段が、前記ラフパターンが露光装置を介して前記基板上に形成するラフパターン像のデータを作成及び／又は表示する機能を有しており、

前記ラフパターンデータから、前記ラフパターン像データを演算し出力することが可能な像演算手段を有することを特徴としている。

【００３１】

請求項４の発明は、請求項１乃至３のいずれか１項の発明において前記微細線パターン取扱手段は、微細線パターンの周期、位置、階調を入力及び／又は表示可能であることを特徴としている。

【００３２】

請求項５の発明は、請求項１乃至４のいずれか１項の発明において前記微細線パターン取扱手段は、市松模様のパターンを取扱うことを特徴としている。

【００３３】

請求項６の発明は、前記ラフパターン取扱手段は、パターンの位置、大きさ、階調を入力及び／又は表示可能であることを特徴としている。

【００３６】
請求項７の発明の露光方法は請求項１乃至６いずれか１項に記載の計算装置の計算結果に基づいて、前記基板を露光することを特徴としている。
【００３７】
請求項８の発明の露光装置は請求項７に記載の露光方法を用いて前記基板を露光することを特徴としている。
【００３８】
請求項９の発明のデバイスの製造方法は請求項８に記載の露光装置を用いて前記基板を露光した後、前記基板に現像処理を施すことによりデバイスを製造していることを特徴としている。
【００３９】
請求項１０の発明のマスクは請求項１乃至６いずれか１項に記載の計算装置による計算結果を利用して製造したことを特徴としている。
【００４０】
請求項１１の発明の計算方法は微細線パターンを用いて所定のレジスト特性パラメータを有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを、前記周期パターン露光と前記通常パターン露光との間に現像工程を経ずに行うことによって前記基板上に形成パターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算方法であって、
前記ラフパターンは前記通常パターン露光において解像する線幅を有する第１パターンと前記通常パターン露光において解像しない線幅を有する第２パターンを有しており、
前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、
前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記第１パターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記第２パターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、
前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、
前記微細線パターンのデータと前記ラフパターンのデータと前記レジスト特性パラメータと前記形成パターンのデータとのうち、３つのデータ及び／又はパラメータが作成及び／又は入力された場合に、残り１つのデータ又はパラメータを演算し出力する演算を行うことを特徴としている。
【００４１】
請求項１２の発明の計算方法は微細線パターンを用いて所定のレジスト特性パラメータを有する基板を露光する周期パターン露光と、ラフパターンを用いて前記基板を露光する通常パターン露光とを、前記周期パターン露光と前記通常パターン露光との間に現像工程を経ずに行うことによって前記基板上に形成パターンを形成する多重露光に用いるデータ及び／又はパラメータを計算する計算方法であって、
前記ラフパターンは透過率が０のパターンと０でない第１の透過率を有するパターンと第２の透過率を有するパターンとを有しており、
前記周期パターン露光が、前記基板の第１領域と第２領域とに前記レジストの露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、
前記通常パターン露光が、前記第1領域には前記ラフパターンの前記第１の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値以上の露光量を与え、前記第２領域には前記ラフパターンの前記第２の透過率を有するパターンを介した光で前記露光しきい値未満の露光量を与える露光であり、
前記周期パターン露光が前記第２領域に与える露光量と、前記通常パターン露光が前記第２の領域に与える露光量との和が前記露光しきい値以上であり、
前記微細線パターンのデータと前記ラフパターンのデータと前記レジスト特性パラメータと前記形成パターンのデータとのうち、３つのデータ及び／又はパラメータが作成及び

／又は入力された場合に、残り１つのデータ又はパラメータを演算し出力する演算を行うことを特徴としている。

【００４２】

請求項１３の発明のソフトウェアは請求項１１又は１２の計算方法に基づきプログラムしたことを特徴としている。

【００４３】

請求項１４の発明の記録媒体は請求項１３のソフトウエアを記録したことを特徴としている。

【００４９】

【発明の実施の形態】

まず、本発明において多重露光を行い、感光基板上に所望の任意のパターンを形成する露光方法の原理について説明する。

【００５０】

本発明は、多重露光方法及び露光装置を用いて素子（デバイス）を作成する技術に好適なものであり、特に素子の設計方法及び設計装置を与えるものであり、本発明の設計方法及び設計装置を用いることで、0.15μｍ以下の解像度のパターンを持つ素子の製造に関してより効率的に素子の設計が行えるようになる。

【００５１】

本発明の設計方法及び設計装置は、周期的な微細線パターンデータを作成および／または表示する微細線パターン取扱手段と、任意のラフパターンデータを作成およびまたは表示するラフパターン取扱手段と、パターン形成演算のためのレジスト特性を入力および／または表示するレジスト特性取扱手段と、前記微細線パターン取扱手段とラフパターン取扱手段から各々出力される微細線パターンデータおよびラフパターンデータと、前記レジスト特性取扱手段から出力されるレジスト特性パラメータを演算して、演算結果の形成パターンデータを出力するパターン演算手段と、当該形成パターンデータを表示する形成パターン表示手段を具備しており、前記パターン演算手段としては、微細線パターンデータとラフパターンデータの互いに同じ位置の露光光強度データを加算して出力し、出力された加算後のデータに対し、入力されたレジスト特性である、各露光光強度に対する露光感度および残膜特性を乗算して各位置の残膜厚データ等を求めるものである。

【００５２】

また、周期的な微細線パターンデータを作成および／または表示する微細線パターン取扱手段と、任意のラフパターンデータを作成およびまたは表示するラフパターン取扱手段と、パターン形成演算のための特性パラメータを入力および／または表示するレジスト特性取扱手段と、最終的な形成パターンデータを入力および／または表示する形成パターン取扱手段を備え、前記4 つの取扱手段のうち、いずれか3 つの取扱手段によりデータが入力された場合に、残り1 つのデータを出力する最適化演算手段を具備していることを特徴としている。

【００５３】

又、当該最適化演算手段において、前記微細線パターン取扱手段とラフパターン取扱手段から各々出力される微細線パターンデータおよびラフパターンデータと、前記レジスト特性取扱手段から出力されるレジスト特性パラメータを演算することにより形成パターンデータが得られる形成パターン演算過程に対して矛盾のないように最適化演算する機能も備えるものである。

【００５４】

図１～図９は本発明に係る多重露光における露光方法の実施形態の説明図である。図１は本発明に係る露光方法を示すフローチャートである。図１には本発明に係る露光方法を構成する周期パターン（微細線パターン）露光ステップ、投影露光ステップ（通常パターン（ラフパターン）露光ステップ）、現像ステップの各ブロックとその流れが示してある。同図において周期パターン露光ステップと投影露光ステップの順序は、逆でもいいし、どちらか一方のステップが複数回の露光段階を含む場合は各ステップを交互に行うことも可

能である。また、各露光ステップ間には．精密な位置合わせを行なうステップ等があるが、ここでは図示を略した。

【００５５】

本発明に係る露光方法及び露光装置は、被露光基板（感光基板）に対して周期パターン露光と通常の露光の二重露光を行うことを特徴としている。

【００５６】

ここで通常パターン露光とは周期パターン露光より解像度が低いが任意のパターンで露光が行える露光であり、投影光学系によってマスクのパターンを投影する投影露光があげられる。

【００５７】

通常パターン露光によって露光されるパターン（通常パターン）は解像度以下の微細なパターン（第２パターン）を含み、周期パターン露光はこの微細なパターンと略同線幅の周期パターンを形成するようにする。通常パターン露光の解像度以上の大きなパターン（第１パターン）は、周期パターン露光の線幅に限定されないが整数倍が効果的である。

【００５８】

通常パターン露光は任意の形状をしているのでいろいろな方向を向いていてもよい。一般にＩＣパターンでは、方向がある方向とそれに直行する方向の２方向を向いている場合が多く、最も微細なパターンはある特定の１方向のみに限定される場合が多い。

【００５９】

二重露光で周期パターン露光をする際、その通常パターンの最も微細なパターンの方向に、周期パターンの方向を合致させることが重要である。

【００６０】

また、周期パターンのピークの中心は、通常パターンにおける解像度以下の微細なパターンの中心に合致するように露光する。

【００６１】

本発明における二重露光とは周期パターン露光と通常パターン露光の二重露光という意味であって、周期パターン露光は、通常パターン露光の最も微細なパターンの方向に平行にして何回繰り返して露光しても良い。

【００６２】

本発明に係る露光方法及び露光装置の周期パターン露光と通常パターン露光のそれぞれは、１回または、複数回の露光段階よりなり、複数回の露光段階を取る場合は、各露光段階ごとに異なる露光量分布を感光基板に与えている。

【００６３】

図１のフローに従って露光を行なう場合、まず周期パターンによりウエハ（感光基板）を図２に示すような周期パターンで露光する。図２中の数字は露光量を表しており、図２（Ａ）の斜線部は露光量１（実際は任意）で白色部は露光量０である。

【００６４】

このような周期パターンのみを露光後現像する場合、通常、感光基板のレジストの露光しきい値Ｅｔｈは図２（Ｂ）の下部のグラフに示す通り露光量０と１の間に設定する。尚、図２（Ｂ）の上部は最終的に得られるリソグラフィーパターン（凹凸パターン）を示している。

【００６５】

図３に、この場合の感光基板のレジストに関して、現像後の膜厚の露光量依存性と露光しきい値とをポジ型レジスト（以下、「ポジ型」と記す。）とネガ型レジスト（以下、「ネガ型」配す。）の各々について示す。ポジ型の場合は露光しきい値Ｅｔｈ以上の場合に、ネガ型の場合は露光しきい値Ｅｔｈ以下の場合に、現像後の膜厚が０となる。

【００６６】

図４はこのような露光を行った場合の現像とエッチングプロセスを経てリソグラフィーパターンが形成される様子を、ネガ型とポジ型の場合に関して示した摸式図である。

【００６７】

本実施形態においては、この通常の露光感度設定とは異なり、図５（図２（Ａ）と同じ）及び図６に示す通り、周期パターン露光での中心露光量を１としたとき、露光基板のレジストの露光しきい値Ｅｔｈを１よりも大きく設定している。この感光基板は図２に示す下地パターン露光のみ行った露光パターン（露光量分布）を現像した場合は露光量が不足するので、多少の膜厚変動はあるものの現像によって膜厚が０となる部分は生じず、エッチングによってリソグラフィーパターンは形成されない。これは即ち周期パターンの消失と見做すことができる（尚、ここではネガ型を用いた場合の例を用いて本発明の説明を行うが、本発明はポジ型の場合も実施できる。）。

【００６８】

尚、図６において、上部はリソグラフィーパターンを示し（何もできない）、下部のグラフは露光量分布と露光しきい値の関係を示す。尚、下部に記載のE_1は周期パターン露光における露光量を、E_2は通常の投影露光における露光量を表している。

【００６９】

本実施形態の特徴は、周期パターン露光のみでは一見消失する高解像度の露光パターンを通常の投影露光による露光装置の分解能以下の大きさのパターンを含む任意の形状の露光パターンと融合して所望の領域のみ選択的にレジストの露光しきい値以上の露光をし、最終的に所望のリソグラフィーパターンを形成できるところにある。

【００７０】

図７（Ａ）は通常の投影露光（通常パターン露光）による露光パターン（微細パターン）（第２パターン）であり、微細なパターンである為、解像できずに被露光物体上での強度分布はぼけて広がっている。本実施形態では通常の投影露光の解像度の約半分の紙幅の微細パターンとしている。

【００７１】

図７（Ａ）の露光パターンを作る投影露光を、図５の周期パターン露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域（第２領域）に重ねて行ったとすると、このレジスト面上への合計の露光量分布は図７（Ｂ）の下部のグラフのようになる。尚、ここでは周期パターン露光の露光量Ｅ１と投影露光の露光量Ｅ２の比が１：１、レジストの露光しきい値Ｅｔｈが露光量Ｅ１（＝１）と露光量Ｅ１と投影露光の露光量Ｅ２の和（＝２）の間に設定されている為、図７（Ｂ）の上部に示したリソグラフィーパターンが形成される。

【００７２】

その際、通常パターンの中心が周期パターンのピークと合致させておく。又、通常パターンの方向と周期パターンの方向とを合致させている。

【００７３】

図７（Ｂ）の上部に示す孤立線パターンは、解像度が周期パターン露光のものであり且つ単純な周期パターンもない。従って通常の投影露光で実現できる解像度以上の高解像度のパターンが得られたことになる。

【００７４】

ここで仮に、図８の露光パターンを作る投影露光（（図５の露光パターンの２倍の線幅で露光しきい値以上（ここではしきい値の２倍の露光量）の投影露光））を、図５の周期パターン露光の後に、現像工程なしで、同一レジストの同一領域（第１領域）に重ねる。この際、通常パターンの中心が周期パターン露光のピーク位置と合致させることで重ね合わせたパターンの対称性が良く、良好なるパターン像が得られる。

【００７５】

このレジストの合計の露光量分布は図８（Ｂ）のようになり、２光束干渉露光（周期パターン露光）の露光パターンは消失して最終的に投影露光によるリソグラフィーパターンのみが形成される。

【００７６】

また、図９に示すように、図５の露光パターンの３倍の線幅で行う場合も理屈は同様であり、４倍以上の線幅の露光パターンでは、基本的に２倍の線幅の露光パターンと３倍の線

幅の露光パターンの組み合わせから、最終的に得られるリソグラフィーパターンの線幅は自明でであり、投影露光で実現できるリソグラフィーパターンは全て、本実施形態でも、形成可能である。

【００７７】

以上簡潔に説明した周期パターン露光と投影露光の夫々による露光量分布（絶対値及び分布）と感光基板のレジストのしきい値の調整を行うことにより、図６、図７（Ｂ）、図８（Ｂ）、及び図９（Ｂ）で示したような多種のパターンの組み合わせより成り且つ最小線幅が周期パターン露光の解像度（図７（Ｂ）のパターンとなる回路パターンを形成することができる。

【００７８】

以上の露光方法の原理をまとめると、

（ａ－１）投影露光（通常パターン露光）をしないパターン領域即ちレジストの露光しきい値以下の周期露光パターンは現像により消失する。

【００７９】

（ａ－２）レジストの露光しきい値以下の露光量で行った投影露光のパターン領域に関しては投影露光と周期パターン露光のパターンの組み合わせにより決まる周期パターン露光の解像度を持つ露光パターンが形成される。

【００８０】

（ａ－３）露光しきい値以上の露光量で行った投影露光のパターン領域は投影露光のみでは解像しなかった微細パターンも同様に（マスクに対応する）形成する。ということになる。更に露光方法の利点として、最も解像力の高い周期パターン露光を２光束干渉露光で行えば、通常の露光に比してはるかに大きい焦点深度が得られることが挙げられる。

【００８１】

以上の説明では周期パターン露光と投影露光の順番は周期パターン露光を先としたが、この順番に限定されない。

【００８２】

図１０は本実施形態により得られる回路パターン（リソグラフィーパターン）として、所謂ゲート型のパターンを示している。

【００８３】

図１０のゲートパターンは横方向の即ち図中Ａ－Ａ’方向（ウエハ上で第２領域に相当）の最小線幅が０．１μｍであるのに対して、縦方向（ウエハ上で第１領域に相当）では０．２μｍ以上である。本発明によれば、このような１次元方向のみ高解像度を求められる２次元パターンに対しては２光束干渉露光（周期パターン露光）をかかる高解像度の必要な１次元方向のみで行えばいい。

【００８４】

本実施形態では、図１１を用いて１次元方向のみの２光束干渉露光と通常の投影露光の組み合わせの一例を示す。

【００８５】

図１１において、図１１（Ａ）は１次元方向のみの２光束干渉露光による周期的な露光パターンを示す。この露光パターンの周期は０．２μｍであり、この露光パターンは線幅０．１μｍＬ＆Ｓパターンに相当する。図１１の下部における数値は露光量を表すものである。

【００８６】

このような２光束干渉露光を実現する露光装置としては、図１５で示すような、レーザ１５１、ハーフミラー１５２、平面ミラー１５３による干渉計型の分波合波光学系を備えるものや、図１６で示すような、投影露光装置においてマスクと照明方法を図１７又は図１８のように構成した装置がある。

【００８７】

図１５の露光装置について説明を行う。図１５の露光装置では前述した通り合波する２光束の夫々が角度θでウエハ１５４に斜入射し、ウエハ１５４に形成できる干渉縞パターン

（露光パターン）の線幅は前記（３）式で表される。角度θと分波合波光学系の像面側のＮＡとの関係はＮＡ＝ｓｉｎθである。

【００８８】

角度θは一対の平面ミラー１５３（１５３ａ、１５３ｂ）の夫々の角度を変えることにより任意に調整、設定可能で、一対の平面ミラーで角度θの値を大きく設定すれば干渉縞パターンの夫々の縞の線幅は小さくなる。例えば２光束の波長が２４８ｎｍ（ＫｒＦエキシマ）の場合、θ＝３８度でも各縞の線幅は約０．１μｍの干渉縞パターンが形成できる。

【００８９】

尚、この時のＮＡ＝ｓｉｎθ＝０．６２である。角度θを３８度よりも大きく設定すれば、より高い解像度が得られるということは言うまでもない。

【００９０】

次に図１６乃至図１８の露光装置に関して説明する。図１６の露光装置は、例えば通常のステップアンドリピート方式又はステップアンドスキャン方式の縮小投影光学系（多数枚のレンズより成る）を用いた投影露光装置であり、現状で露光波長２４８ｎｍに対してＮＡ０．６以上のものが存在する。

【００９１】

図１６中、１６１はマスク、１６２はマスク１６１から出て光学系１６３に入射する物体側露光光、１６３は投影光学系、１６４は開口絞り、１６５は投影光学系１６３から出てウエハ１６６に入射する像側露光光、１６６は感光基板であるウエハを示し、１６７は絞り１６４の円形開口に相当する瞳面での光束の位置を一対の黒点で示した説明図である。図１６は２光束干渉露光を行っている状態の摸式図であり、物体側露光光１６２と像側露光光１６５は双方とも、図１９の通常の投影露光とは異なり、２つの平行光線束だけから成っている。

【００９２】

図１６に示すような通常の投影露光装置において２光束干渉露光（周期パターン露光）を行う為には、マスク１６１とその照明方法を図１７又は図１８のように設定すれば良い。以下これら３種の例について説明する。

【００９３】

図１７（Ａ）はレベンソン型の位相シフトマスク１７３を示しており、クロムより成る遮光部１７１のピッチＰＯが（４）式で０、位相シフタ１７２のピッチＰＯＳが（５）式で表されるマスクである。

【００９４】

$P_0 = MP = 2MR = M\lambda / (2NA)$ ……（４）

$P_{0S} = 2P_0 = M\lambda / (NA)$ ……（５）

ここで、Ｍは投影光学系１６３の投影倍率、λは露光波長、ＮＡは投影光学系１６３の像側の開口数を示す。

【００９５】

一方、図１７（Ｂ）が示すマスク１７４はクロムより成る遮光部のないシフタエッジ型の位相シフトマスクであり、レベンソン型と同様に位相シフタ１７５のピッチＰＯＳを上記（５）式を満たすように構成したものである。

【００９６】

図１７（Ａ），（Ｂ）の夫々の位相シフトマスクを用いて２光束干渉露光を行うには、これらのマスクをσ＝０（又は０に近い値）所謂コヒーレント照明を行う。具体的には図１７に示すようにマスク面１７０に対して垂直な方向（光軸に平行な方向）から平行光線束をマスク１７０に照射する。

【００９７】

ここで、σ＝照明光学系の開口数／投影光学系の開口数である。このような照明を行うと、マスク１７０から上記垂直な方向に出る０次透過回折光に関しては、位相シフタ１７２（１７５）により隣り合う透過光の位相差がπとなって打ち消し合い存在しなくなり、±１次の透過回折光の２平行光線束はマスク１７０から投影光学系１６３の光軸に対して対

称に発生し、図１６の２個の物体側露光１６５がウエハ１６６上で干渉する。また２次以上の高次の回折光は投影光学系１６３の開口絞り１６４の開口に入射しないので結像には寄与しない。

【００９８】

図１８に示したマスク１８０は、クロムより成る遮光部１８１のピッチＰＯが（４）式と同様の（６）式で表されるマスクである。

【００９９】

$P_0 = MP = 2MR = M\lambda / (2NA)$ ……（６）

ここで、Ｍは投影光学系１６３の投影倍率、λは露光波長、ＮＡは投影光学系１６３の像側の開口数を示す。

【０１００】

図１８の位相シフタを有していないマスクには、１個又は２個の平行光線束による斜入射照明とする。この場合の平行光線束のマスク１８０への入射角θ_0は（７）式を満たすように設定される。２個の平行光線束を用いる場合が、光軸を基準にして互いに逆方向にθ_0傾いた平行光線束によりマスクを照明する。

【０１０１】

$\sin\theta_0 = M / NA$ ……（７）

ここでも、Ｍは投影光学系１６３の投影倍率、ＮＡは投影光学系１６３の像側の開口数を示す。

【０１０２】

図１８が示す位相シフタを有していないマスクを上記（７）式を満たす平行光線束により斜入射照明を行うと、マスク１８０からは、光軸に対して角度θ_0で直進する０次透過回折光とこの０次透過回折光の光路と投影光学系の光軸に関して対称な光路に沿って進む（光軸に対して角度$-\theta_0$で進む）－１次透過回折光の２光束が図１６の２個の物体側露光光１６２として生じ、この２光束が投影光学系１６３の開口絞り１６４の開口部に入射し、結像が行われる。

【０１０３】

尚、本発明においてはこのような１個又は２個の平行光線束による斜入射照明も「コヒーレント照明」として取り扱う。

【０１０４】

以上が通常の投影露光装置を用いて２光束干渉露光を行う技術であり、通常の投影露光装置の照明光学系は部分的コヒーレント照明を行うように構成してあるので、照明光学系の$0 < \sigma < 1$に対応する不図示の開口絞りをσ　０に対応する特殊開口絞りに交換可能にする等して、投影露光装置において実質的にコヒーレント照明を行うよう構成することができる。

【０１０５】

図１０及び図１１が示す実施形態の説明に戻る。本実施形態では前述した２光束干渉露光（周期パターン露光）の次に行う通常の投影露光（通常パターン露光）（例えばマスクに対して部分的コヒーレント照明を行うもの）によって図１１（Ｂ）が示すゲートパターンの露光を行う。

【０１０６】

図１１（Ｃ）の上部には２光束干渉露光による露光パターンとの相対的位置関係と通常の投影露光の露光パターンの領域での露光量を示し、同図の下部は、通常の投影露光によるウエハのレジストに対する露光量を縦横を最小線幅のピッチの分解能でマップ化したものである。

【０１０７】

図１１の下部に示す露光量分布は、マスクから入射される光強度を１としてウエハに露光される強度分布を示したものである。

【０１０８】

図１１（Ａ）の周期パターンの露光による露光量分布は、理想的には１と０の矩形波であ

るはずだが、２光束干渉露光の解像限界付近の線幅を用いているので、０次光と１次光のみで形成されるsin 波となっている。そのsin 波の最大値をIo、最小値をI_1 とあらわす。このとき、照明条件のσによって、I_0 とI_1 の値が定まる。

【０１０９】

図１１（Ｂ）の通常の投影露光による露光量分布は、各部分での代表的な値を示している。この投影露光による露光パターンの最小線幅の部分は、解像せずぼけて広がり、光強度の各点の値は下がる。露光量は、大まかにパターン中心部をｂ、両サイドをｄ、両側からのぼけ像がくる中心部をｃとする。最小線幅の２倍の線幅は、ｂ、ｃ、ｄの値よりも大きいが、投影露光の解像限界付近の線幅であるため、少しぼけてa の値をとる。これら、a，ｂ，ｃ，ｄの値は、照明条件によって変化する。

【０１１０】

図１１（Ｃ）の露光量分布は、図１１（Ａ）の露光パターンと図１１（Ｂ）の露光パターンの露光量の加算した結果生じたものである。

【０１１１】

２光束干渉露光と投影露光の各露光での光量比は、それぞれの露光の照明条件により異なる。加算における各露光での光量比は、照明系の照度比として、

２光束干渉露光：投影露光＝１：ｋ

とし、ｋの値は次のようにして求める。

【０１１２】

図１１（Ｃ） の露光量分布は、上記の露光量分布、光量比を用いて、以下の式で表せる。

【０１１３】

$a' = k \times a + I_0$

$a'' = k \times a + I_1$

$b' = k \times b + I_0$

$c' = k \times c + I_1$

$d' = k \times d + I_1$

所望のゲートパターンを得るためには、レジストの感光のしきい値Icとの関係式を得る。たとえば、レジストがネガ型の場合、以下のようになる。

【０１１４】

$a' > I_C$

$a'' > I_C$

$b' > I_C$

$c' < I_C$

$d' < I_C$

ａ’，a", b'は差が小さい方が望ましく、c'と特にb'との差がある方が望ましい。これらの式を解くことにより、各照明条件での最適光量比が求められる。特に微細パターンの関係する以下の２式は重要である。

【０１１５】

レジストがネガ型の場合、

$k \times b + I_0 > I_C$

$k \times c + I_1 < I_C$

レジストがポジ型の場合、

$k \times b + I_1 < I_C$

$k \times c + I_0 > I_C$

レジストがポジ型の場合、露光量分布の大小関係が反転し、レジストしきい値Icとの不等号が逆になるが、同様に最適光量比が求められる。

【０１１６】

以上説明した２光束干渉露光と通常の投影露光の照明方法の異なった２つを組み合わせによって図１２の微細回路パターンが形成される様子について述べる。本実施形態において

は２光束干渉露光と通常の投影露光の間には現像過程はない。従って各露光の露光パターンが重なる領域での露光量は加算され、加算後の露光量（分布）により新たな露光パターンが生じることと成る。

【０１１７】

図１２，図１３，図１４は波長248nm のＫｒＦエキシマステッパーを用いたときの具体的な実施例である。図１２に示すような、最小線幅0.12μｍのゲートパターンを通常露光し、重ねてレベンソンタイプの位相シフトマスクで、その最小線幅と重なるように周期パターンを露光したものである。

【０１１８】

投影レンズのＮＡは0.6 、照明系のσは、レベンソンマスクによる露光では、0.3 とした。通常マスク露光時では、σ＝0.3 ，0.6 ，0.8 、輪帯照明とした。

【０１１９】

位相シフトマスクなどの２光束干渉により周期パターンを露光する場合の、コヒーレント照明はσの値がゼロまたは、それに近い値であるが、あまり小さくすると単位時間当たりの露光量が小さくなり、露光に要する時間が長くなるので実際的でない。

【０１２０】

周期パターン露光のときはσが0.3 以下であることが望ましく、レベンソンマスクによる露光ではその最大であるσ＝0.3 とした。

【０１２１】

通常露光では、一般的に部分的コヒーレント照明にするが、σを大きくすると複雑な形状の再現性はよくなり、かつ深度は広がる。照度分布が外側に比べて内側が低いいわゆる輪帯照明では、この傾向は顕著になるが、コントラストは落ちるという欠点がある。

【０１２２】

図１３（Ａ）に示すように、通常露光のσを周期パターン露光のσと同じ0.3 にして同じ照明条件で二重露光を行うと、ゲートパターンがデフォーカス０±0.2 μｍの範囲で解像されるが、線パターンの部分がうねっており、くびれた部分が断線の原因となるため好ましくない。

【０１２３】

又、通常パターン露光のときはσ＝０．６以上にするのが良い。図１３（Ｂ）に示すように、通常露光のσを0.6 にするとデフォーカス０±0.4 μｍの範囲でゲートパターンが解像されるようになり、線パターンの部分がうねりは解消されている。通常露光と周期パターン露光の露光量比を 通常露光：周期パターン露光=1.5 ：１とした。

【０１２４】

図１４（Ａ）に示すように、通常露光のσが0.8 と大きくなると、複雑な形状の再現性は若干よくなる。通常露光と周期パターン露光の露光量比を通常パターン露光：周期パターン露光=2 ：１とした。通常パターン露光のときは周期パターン露光に比べて２倍以上の露光量とするのが良い。

【０１２５】

図１４（Ｂ）では、通常露光を輪帯照明とし、リング内側の0.6 から外側の0.8 までの照度を１、リング内側の0.6 以下を照度０とした場合の二次元強度分布である。通常露光と周期パターン露光の露光量比を 通常露光：周期パターン露光=2.5：１とした。

【０１２６】

輪帯照明では、σが0.8 の時よりも、複雑な形状の再現性はよくなり、かつ深度は広がる。デフォーカス±0.4 μｍ以下で良好な像が得られた。

【０１２７】

このように微細な回路パターンは、周期パターン露光との二重露光によって形成される。通常露光パターンの微細なパターンは光強度が低くコントラストも低いので、通常は解像されないが、コントラストが高い周期パターン露光と二重に露光し重ね合わせることによって、微細なパターンはコントラストが増強され解像されるようになる。

【０１２８】

一方、通常露光パターンの解像度以上の大きなパターンも、周期パターン露光の強度と重ね合わされコントラストが増強されるので、周期パターン露光の線幅の整数倍にするとエッジがシャープな像となる。本発明の露光方法によって、0.12μｍといった微細な線幅を有する回路パターンが、例えばσや照度の光量比を可変とする照明条件の切り替え可能な照明光学系を有する投影露光装置を用いて形成可能としている。

【０１２９】

周期パターン露光と通常パターン露光の光量比は、照明条件の組み合わせによる最適値を前述の計算式によって求めた。

【０１３０】

照明条件１ 周期パターンの露光はσ=0.3、通常パターン露光はσ=0.3

図１１(A) の下部に示した周期パターンの露光による露光量分布と、図１１(B) の下部に示した通常の投影露光による露光量分布（ベストフォーカス）を以下に示す。

【０１３１】

I_0 = 0.80 I_1 = 0.23

ａ ＝ １．３１ ｂ ＝ ０．３４ ｃ ＝ ０．６１ ｄ ＝ ０．０９

ｋ ＝ １．０ のとき最適であり、

a' = 2.11 a" = 1.54 b'= 1.21 c'= 0.89 d'= 0.32

となり、後の比較のため、最大値のa'を１で規格化すると次のようになる。

【０１３２】

a' = 1.0 a" = 0.73 b'= 0.57 c'= 0.42 d'= 0.15 I_0 = 0.38

照明条件２ 周期パターンの露光はσ=0.3、通常パターン露光はσ=0.6

I_0 ＝ ０．８０ I_1 ＝ ０．２３

ａ ＝ １．２５ ｂ ＝ ０．４４ ｃ ＝ ０．５３ ｄ ＝ ０．１３

ｋ ＝ １．５ のとき最適であり、

a' = 2.68 a" = 2.11 b'= 1.46 c'= 1.03 d'= 0.43

となり、後の比較のため、最大値のa'を１で規格化すると次のようになる。

【０１３３】

a' = 1.0 a" = 0.79 b'= 0.55 c'= 0.38 d'= 0.16 I_0 = 0.30

照明条件３ 周期パターンの露光はσ=0.3、通常パターン露光はσ=0．８

I_0 = 0.80 I_1 = 0.23

ａ ＝ １．２０ ｂ ＝ ０．４８ ｃ ＝ ０．４７ ｄ ＝ ０．１６

ｋ ＝ ２．０ のとき最適であり、

a' = 3.20 a" = 2.63 b'= 1.76 c'= 1.17 d'= 0.55

となり、最大値のa'を１で規格化すると次のようになる。

【０１３４】

a' = 1.0 a" = 0.82 b'= 0.55 c'= 0.37 d'= 0.17 I_0 = 0.25

照明条件４ 周期パターンの露光はσ=0.3、通常パターン露光はσ=0．８で輪帯照明とし、内側（輪帯内側）σ0.６以下の照度分布をゼロとした。

【０１３５】

I_0 = 0.80 I_1 = 0.23

ａ ＝ １．１０ ｂ ＝ ０．４７ ｃ ＝ ０．３６ ｄ ＝ ０．１９

ｋ ＝ ２．５ のとき最適であり、

a' = 3.55 a" = 2.98 b'= 1.98 c'= 1.13 d'=0.71

となり、最大値のa'を１で規格化すると次のようになる。

【０１３６】

a' = 1.0 a" = 0.84 b'= 0.56 c'= 0.32 d'=0.20 I_0 = 0.23

今までの議論で、レジストしきい値は、最大露光量３のとき1.5 だったので、最大露光量で規格化するとレジストしきい値は0.5 となる。

【０１３７】

この規格化された露光量分布を見ると、a', a", b'は規格化されたレジストしきい値0.5

より大きく、c', d', I_0 はしきい値より小さい。

【０１３８】

現像によって露光量がレジストしきい値より大きい部分がのこるから、露光量がa', a", b'のみパターンとして現像後残ることになる。従って、図１１(C) の下部で灰色に示された部分が、現像後の形状である。

【０１３９】

一般に、通常露光パターンを露光するときは、周期パターンを露光するときの約２倍の露光量が適切で、通常露光パターンを露光するときの照明条件と、周期パターンを露光するときの照明条件の組合わせによって最適な露光量比があり、前述の計算式で求められる。

【０１４０】

前述の計算式から、種々の照明条件の組合わせを計算した結果、次のことが示された。周期パターン露光のときσ＝０．３で通常パターン露光の照明条件σが0.8 より小さいときは、通常パターンを露光するときの露光量を周期パターンを露光するときの露光量より２倍以下にするとよい。

【０１４１】

周期パターンのときσ＝０．３で通常パターンを露光するときの照明条件が輪帯照明のときは、輪帯の巾が小さいときは、通常パターンを露光する露光量が周期パターンを露光するときの露光量より２倍以上にするとよい。

【０１４２】

周期パターンを露光するときの照明条件σが0.3 より小さいときは、通常パターンを露光する露光量は、周期パターンを露光するときの露光量より２倍以上にするとよい。

【０１４３】

図２０は本発明に係る２光束干渉露光用の露光装置の一例を示す概略図であり、図２０において、２０１は２光束干渉露光用の光学系で、基本構成は図１５の光学系と同じである。２０２はＫｒＦ又はＡｒＦエキシマレーザー、２０３はハーフミラー、２０４（２０４ａ，２０４ｂ）は平面ミラー、２０５は光学系２０１との位置関係が固定又は適宜ベースライン（量）として検出できるオフアクシス型の位置合わせ光学系で、ウエハ２０６上の２光束干渉用位置合わせマークを観察し、その位置を検出する。２０６は感光基板であるウエハ、２０７は光学系２０１の光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能なＸＹＺステージで、レーザー干渉計等を用いてその位置が正確に制御される。装置２０５とＸＹＺステージ２０７の構成や機能は周知なので具体的な説明は略す。

【０１４４】

図２１は本発明に係る２光束干渉用露光装置と通常の投影露光装置より成る高解像度の露光装置を示す概略図である。

【０１４５】

図２１において、２１２は図２０の光学系２０１、装置２０５を備える２光束干渉露光装置であり、２１３は、不図示の照明光学系とレチクル位置合わせ光学系２１４、ウエハ位置合わせ光学系（オフアクシス位置合わせ光学系）２１７とマスク２１５の回路パターンをウエハ２１８上に縮小投影する投影光学系２１６とを備える通常の投影露光装置である。

【０１４６】

レチクル位置合わせ光学系２１４はマスク２１５上の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する。ウエハ位置合わせ光学系２１７はウエハ２０６上の投影露光用又は２光束干渉と兼用の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する。光学系２１４，２１６，２１７の構成や機能は周知なので、具体的な説明は略す。

【０１４７】

図２１の２１９は２光束干渉用露光装置２１２と投影露光装置２１３で共用される１つのＸＹＺステージであり、このステージ２１９は、装置２１２，２１３の各光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能で、レーザー干渉計等を用いてそのＸＹ方向の位置が正確に制御される。

【０１４８】
ウエハ２１８を保持したステージ２１９は、図２１の位置（１）に送り込まれてその位置が正確に測定され、測定結果に基づいて位置（２）で示す装置２１２の露光位置に送り込まれてウエハ２１８へ２光束干渉露光が行われ、その後、位置（３）に送り込まれてその位置が正確に測定され位置（４）で示す装置２１３の露光位置に送り込まれてウエハ２１８へ投影露光が行われる。
【０１４９】
装置２１３においては、オフアクシスの位置合わせ光学系２１７の代わりに、投影光学系２１６を介してウエハ２１８の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する不図示のＴＴＬの位置合わせ光学系や、投影光学系２１６とマスク（レチクル）２１５とを介してウエハ２１８上の位置合わせマークを観察し、その位置を検出する不図示のＴＴＲの位置合わせ光学系も使用できる。
【０１５０】
図２２は本発明に係る２光束干渉用露光と通常の投影露光の双方が行える高解像度の露光装置を示す概略図である。
【０１５１】
図２２において、２２１はＫｒＦ又はＡｒＦエキシマレーザー、２２２は照明光学系、２２３はマスク（レチクル）、２２４はマスクステージ、２２７はマスク２２３の回路パターンをウエハ２２８上に縮小投影する投影光学系、２２５はマスク（レチクル）チェンジャであり、ステージ２２４に、通常のレチクルと前述したレベンソン位相シフトマスク（レチクル）又はエッジシフタ型のマスク（レチクル）又は位相シフタを有していない周期パターンマスク（レチクル）の一方を選択的に供給する為に設けてある。
【０１５２】
また、マスクステージは微細パターンの方向と周期パターンの方向と平行にする為に、予めマスクにバーコード等に描かれてある情報をもとにマスクを回転させる機能を持たせてある。
【０１５３】
図２２の２２９は２光束干渉露光と投影露光で共用される１つのＸＹＺステージであり、このステージ２２９は、光学系２２７の光軸に直交する平面及びこの光軸方向に移動可能で、レーザー干渉計等を用いてそのＸＹ方向の位置が正確に制御される。
【０１５４】
また、図２２の装置は、不図示のレチクル位置合わせ光学系、ウエハ位置合わせ光学系（図２１で説明したオフアクシス位置合わせ光学系とＴＴＬ位置合わせ光学系とＴＴＲ位置合わせ光学系）とを備える。
【０１５５】
図２２の露光装置の照明光学系２２２は部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明とを切換え可能に構成してあり、コヒーレント照明の場合には、ブロック２３０内の図示した前述した（１ａ）又は（１ｂ）の照明光を、前述したレベンソン型位相シフトレチクル又はエッジシフタ型レチクル又は位相シフタを有していない周期パターンレチクルの１つに供給し、部分的コヒーレント照明の場合にはブロック２３０内に図示した（２ａ）の照明光を所望のレチクルに供給する。部分的コヒーレント照明からコヒーレント照明とを切換えは、通常光学系２２２のフライアイレンズの直後に置かれる開口絞りを、この絞りに比して開口径が十分に小さいコヒーレント照明用絞りと交換すればいい。
【０１５６】
本発明に係る露光方法及び露光装置における２重露光における前記第１露光と前記第２露光の露光波長は、第２露光が投影露光の場合、双方とも４００ｎｍ以下であり、好ましくは２５０ｎｍ以下である。２５０ｎｍ以下の露光波長の光を得るにはＫｒＦエキシマレーザ（約２４８ｎｍ）やＡｒＦエキシマレーザ（約１９３ｎｍ）を用いる。
【０１５７】
尚、本発明において「投影露光」というのは、マスクに形成された任意のパターンからの

３個以上の平行光線束が互いに異なる様々な角度で像面に入射して露光が行なわれるものである。

【０１５８】

本発明に係る露光装置はマスクのパターンをウエハに投影する投影光学系と、部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明の双方の照明が可能なマスク照明光学系とを有し、部分的コヒーレント照明によって通常の露光を行い、コヒーレント照明によって２光束干渉露光を行うことにより、周期パターン露光を特徴とする。「部分的コヒーレント照明」とはσ＝（照明光学系の開口数／投影光学系の開口数）の値がゼロより大きく１より小さい照明であり、「コヒーレント照明」とは、σの値がゼロまたはそれに近い値であり、部分的コヒーレント照明のσに比べて相当小さい値である。

【０１５９】

周期パターン露光でのコヒーレント照明ではσを０．３以下にする。通常露光を行う際の部分的コヒーレント照明はσを０．６以上にする。σ＝０．８が望ましい。さらに照度分布が外側に比べて内側が低い輪帯照明にすると、なお効果的である。

【０１６０】

この露光装置の露光波長は、４００ｎｍ以下であり、好ましくは２５０ｎｍ以下である。２５０ｎｍ以下の露光波長の光を得るにはＫｒＦエキシマレーザ（約２４８ｎｍ）やＡｒＦエキシマレーザ（約１９３ｎｍ）を用いる。

【０１６１】

発明の実施形態においては、マスク照明光学系として部分的コヒーレント照明とコヒーレント照明とが切換え可能な光学系を開示している。

【０１６２】

本発明の露光装置は２光束干渉露光装置と通常（投影）露光装置を両装置で共用される被露光基板（感光基板）を保持する移動ステージとを有している。

【０１６３】

この露光装置の露光波長も、４００ｎｍ以下であり、好ましくは２５０ｎｍ以下である。２５０ｎｍ以下の露光波長の光を得るにはＫｒＦエキシマレーザ（約２４８ｎｍ）やＡｒＦエキシマレーザ（約１９３ｎｍ）を用いている。

【０１６４】

以上説明した露光方法及び露光装置を用いてＩＣ、ＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル等の表示素子、磁気ヘッド等の検出素子、ＣＣＤ等の撮像素子といった各種デバイスの製造が可能である。

【０１６５】

次に本発明のパターン計算方法及びパターン表示方法について説明する。本発明では微細線パターンとラフパターン（回路パターン）を感光基板（レジスト）上に多重露光（感光基板上の同一領域を互いに異なる光パターンで途中に現像処理工程を介さずに露光すること）してパターンを形成するときに

・微細線パターンデータ（又は露光装置を介することによって選られる微細線パターン像データ）

・ラフパターンデータ（又は露光装置を介することによって得られるラフパターン像データ）

・レジスト特性データ（特性パラメータ）

・形成パターンデータ

の４つのデータのパラメータのうち３つのパラメータを既知データとして多重露光演算手段（最適化演算手段）に入力し、残りの１つのデータを多重露光演算手段で演算し、形成パターン表示手段（形成パターン取扱手段）に表示することを特徴としている。

【０１６６】

図２３は本発明のパターン計算装置の実施形態１の要部ブロック図である。本実施形態は微細線パターン、ラフパターン、そしてレジスト特性データ（特性パラメータ）の3 つのデータを既知データとし、これより未知の形成パターンデータを得る方法を示している。

【０１６７】
本実施形態では多重露光により、感光基板（ウエハ）上で所望のパターン像（形成パターンデータ）を得る為に各種の表示／入力手段（取扱手段）から多重露光演算手段に所望のデータを入力している。
【０１６８】
具体的には
（ア－１）微細線パターン表示／入力手段（微細線パターン取扱手段）から微細線パターンデータＦＤ（形状、ピッチ、露光量等）を多重露光演算手段に入力する。
【０１６９】
（ア－２）ラフパターン表示／入力手段（ラフパターン取扱手段）からラフパターンデータＲＤ（ゲートパターン等の回路パターンの形状に基づくデータや露光量）を多重露光演算手段入力する。
【０１７０】
（ア－３）レジスト特性表示／入力手段（特性パラメータ取扱手段）からレジスト特性データ（特性パラメータ、例えばレジストの閾値、ガンマ特性（露光量に対する現像後の膜厚との関係）等）ＴＨを多重露光演算手段に入力する。
【０１７１】
多重露光演算手段ではこれら各種のデータＦＤ，ＲＤ，ＴＨに基づいて多重露光したとき、感光基板（ウエハ）上にどのようなパターンが形成されるかを演算する。
【０１７２】
そして多重露光演算手段で演算し求めた形成パターンデータＦＲＤを形成パターン表示／入力手段に入力する。形成パターン表示／入力手段は多重露光演算手段で求めた形成パターンを表示する。
【０１７３】
図２４は本実施形態における表示手段（形成パターン表示／入力手段）で表示する画面表示方法の概略図である。
【０１７４】
図２４において、３１はメニューウインドウである。操作を行う者は、マウス等の入力指示機器を用いて画面上のポインタを適宜移動し、クリックやプルダウン等の操作によりウインドウ内のメニューを選択して入力することができる。
【０１７５】
メニューには、ＶＩＥＷ－表示（確認）、ＥＤＩＴ－編集（入力）、ＣＡＬＣ－計算（最適化演算）、ＰＲＩＮＴ－印刷がある。これ以外のメニューを適宜追加できることは言うまでもない。
【０１７６】
ＶＩＥＷ－表示（確認）では表示のみが行われ、編集等はできない。もちろん全てのデータ（パターンデータ、レジスト特性データ等）が矛盾なく演算されている。
【０１７７】
ＥＤＩＴ－編集（入力）では各マスクパターンやレジスト特性の入力を行うものであり、いずれか一つのウインドウを選択して入力を行うことができる。またＥＤＩＴでは順演算を常に行っており、即ち微細線パターン及びラフパターン、レジスト特性値の入力がなされると、それに応じて演算手段により演算された形成パターンが形成パターンウインドウにリアルタイムで表示される。
【０１７８】
ＣＡＬＣ－計算（最適化演算）では、目的とする形成パターンを入力することができる。目的とする形成パターンの他に、例えば微細線マスクパターンとレジスト特性パラメータを入力することができ、残りのラフパターンを逆演算により演算して求め、これをラフパターンウインドウに表示する。形成パターン以外の２つの入力は適宜選択することができる。
【０１７９】

ＰＲＩＮＴ－印刷では画面に表示されている結果を適宜レイアウト調整等して、プリンタ等の出力装置又は画像ファイル等に出力する。

【０１８０】

以下は実際のＧＵＩ（グラフィカルユーザインターフェイス）も含めた、より具体的な説明である。

【０１８１】

図２４の状態はＥＤＩＴを選択している状態であり、ＭＡＳＫ２と示されたラフパターンの入力を行っている状態である。ラフパターンの入力は図中３６のカーソルをマウスによってプルダウン、即ちボタンを押さえて四角形の一頂点を選択したまま動かすことによってラフパターン中の図形を変形して行われている。

【０１８２】

このとき図２３に示した機能ブロック図によれば、順演算、即ち微細線パターンデータとラフパターンデータとレジスト特性パラメータが演算手段により演算されて、形成パターンデータを算出する演算が、リアルタイムで行われ、図２４中の形成パターン表示入力ウインドウＰＡに同時に変化している様子が結果として表示されている。

【０１８３】

この様子は、表示部ＰＡ中のカーソル３７によって示されている。カーソル３６が動かされると、それに伴って、カーソル３７も移動し、カーソル３７の示している形成パターンも同時に変化する。

【０１８４】

同様にレジスト特性表示入力ウインドウＴＡの中にもカーソル３８が存在し、このカーソルを指定してマウス等により、入力値であるレジストの特性グラフを変化させることができる。カーソル３８によりグラフの曲線を直接変形させることも可能であるし、またＥｔｈ（レジスト閾値）を不図示の入力ダイアログにより読み込むこと等も可能である。

【０１８５】

このようにして入力されたレジスト特性は前述したラフデータの入力の際と同様に、演算手段に受け渡され演算されて、リアルタイムに形成パターンを変化させて表示する。

【０１８６】

ＦＡは微細線パターンデータＦＤに基づく微細線パターンＦＰ（ＭＡＳＫ１）を表示する表示部、ＲＡはラフパターンデータＲＤに基づくラフパターンＲＰ（ＭＡＳＫ２）を表示する表示部である。

【０１８７】

尚、表示部ＲＡにはラフパターンRPと表示部ＦＡで表示した微細線パターンＦＰとの位置関係を理解しやすいように双方を示している。ＰＡは形成パターンデータＦＲＤに基づく形成パターンＦＲＰを表示する表示部である。

【０１８８】

表示部ＰＡには微細線パターンＦＰと形成パターンＦＲＰとの位置関係を理解しやすいように双方を示している。ＴＡはレジスト特性データＴＨに基づくガンマ特性γを表示する表示部である。

【０１８９】

本実施形態では、これらの各表示部に図２３のパターン計算装置で計算し、求めた各種のデータをリアルタイムで演算し、表示している。例えば、３つのデータを入力し、残りの１つのデータを演算し、これらのデータを各々の表示部に表示して計算段階で利用している。

【０１９０】

図２５は本実施形態における表示手段で表示する画面表示方法の概略図である。同図は図２４の表示手段に比べて微細線パターンデータＦＤに基づく微細線パターンＦＰ（ＭＡＳＫ１）を表示する表示部ＦＡと、ラフパターンＲＤに基く該パターンＲＰ（ＭＡＳＫ２）を表示する表示部ＲＡ、そして多重露光演算手段で演算し、実際に得られる形成パターンデータＦＲＤに基くパターンＦＲＰ（ＰＡＴＴＥＲＮ）を表示する表示部ＰＡを画面上で

縦方向に連続して表示している。

【０１９１】

これによって、各パターン（ＦＰ，ＲＰ，ＦＲＰ）が互いにどのような位置関係になっているかを画面上で容易に認識できるようにしている。

【０１９２】

図２５を例にして本発明の演算（特に最適化演算）の効果を説明する。図２５は図中ＭＡＳＫ１と表示された微細線パターンＦＰと、ＭＡＳＫ２と表示された形成パターンＲＰと、ＰＡＴＴＥＲＮと表示された形成パターンＦＲＰを1 つのウインドウに互いに位置関係（オーバーレイ）がわかりやすいように表示したものである。

【０１９３】

例えばＰＡＴＴＥＲＮ（目的とする形成パターン）とＭＡＳＫ１（微細線パターン）を入力して、ＭＡＳＫ２（ラフ露光パターン）を求めるような設計を行う場合に本発明は大きな効果を発揮する。なぜならば、通常直感的には入力されたＰＡＴＴＥＲＮとＭＡＳＫ１が両者とも対称性があり、即ちＰＡＴＴＥＲＮの基本単位のゲートパターンが左右対称であり、さらにＭＡＳＫ１の周期パターンも同様に左右対称である為に求めるべきＭＡＳＫ２のパターンも同様に左右対称であると考えるのが普通である。これは、多重露光とレジスト閾値でフィルタする演算がそれほど複雑ではなく、左右対称性を崩さないと思われるからである。

【０１９４】

しかしながら実際は、図中ＭＡＳＫ２に示したように明らかに非対称なパターンが答えとなっている。これはラフパターンとして、ハーフトーンを用いた場合のラフパターンの一つのパターンのブロックのサイズが微細線パターンの周期の２倍、（即ち多重露光のラフ露光の解像度が微細線露光の１／２の解像度）であるという制約のためである。

【０１９５】

この例の示すところは、単純な加算をベースとした演算であっても、設計者がその答えを見つけることは直感的には難しく、計算後の計算能力を活かした全数検査（メシュ分割して全ての組み合わせで制約条件に適合する者を探索する）や最適化演算（特定のアルゴリズム例えばシミュレーテッドアニーリング法等を用いた探索）を用いることが必要であるということである。

【０１９６】

本発明はこのような多重露光によるパターン形成において必要となるマスクパターン等の設計を行う為のシステムを提供するものであり、本発明により短時間で効率的に設計を行えるようにする効果が得られる。

【０１９７】

図２６は本発明のパターン計算装置の実施形態２の要部ブロック図である。本実施形態は多重露光演算手段に、

（イ－１）微細線パターン表示／入力手段（微細線パターン取扱手段）から微細線パターンデータＦＤを入力する。

【０１９８】

（イ－２）レジスト特性表示／入力手段（特性パラメータ取扱手段）かレジスト特性データＴＨを入力する。

【０１９９】

（イ－３）形成パターン表示／入力手段（形成パターン取扱手段）から実際に得たい形状のパターン、即ち感光基板（ウエハ）で得られる形成パターンデータＦＲＤを入力する。

【０２００】

多重露光演算手段（最適化演算手段）ではこれらの各種のデータＦＤ、ＴＨ、ＦＲＤに基いて多重露光することによって形成パターンデータＦＲＤに基く形成パターンＦＲＰを得る為のラフパターンデータＲＤを演算する。

【０２０１】

そしてラフパターンデータＲＤをラフパターン表示／入力手段に出力する。ラフパターン

表示／入力手段では、これによって画面にパターンＲＰを表示する。例えば図２４、図２５において、画面内にラフパターンＲＰを表示する。

【０２０２】

本実施形態では４つのデータ（パラメータ）のうち任意の３つのデータより残りの１つのデータを求めており、このときの３つのデータは任意である。

【０２０３】

図２７は本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態３の要部ブロック図である。本実施形態では図２３，図２６の実施形態１，２に比べて、像演算手段を新たに設け、微細線パターンとラフパターンデータより、実際の露光装置を介したとき、どのようなパターン像（微細線パターンデータ、ラフパターン像データ）が得られるかを演算している。そして多重露光演算手段は、このようなデータを用いて形成パターンデータを得ている。

【０２０４】

具体的には、

（ウ－１）微細線パターン表示／入力手段から微細線パターンデータＦＤを像演算手段に入力する。

【０２０５】

（ウ－２）ラフパターン表示／入力手段からラフパターンデータＲＤを像演算手段に入力する。

【０２０６】

（ウ－３）像演算手段では微細線パターンデータＦＤとラフパターンデータＲＤより各々具体的に露光装置を介したときに得られる微細線パターン像データＦＤＤとラフパターン像データＲＤＤを演算し、これらの像データを多重露光演算手段に、又微細線パターン像データＦＤＤを微細線パターン像表示／入力手段へ、ラフパターン像データＲＤＤをラフパターン像表示／入力手段に出力する。

【０２０７】

（ウ－４）微細線パターン像表示／入力手段では微細線パターン像データＦＤＤ又は／及びそのパターンを画面に表示する。

【０２０８】

（ウ－５）ラフパターン像表示／入力手段ではラフパターン像データＲＤＤ又は／及びそのパターンを画面に表示する。

【０２０９】

（ウ－６）レジスト特性表示／入力手段からレジスト特性データＴＨを多重露光演算手段に入力する。

【０２１０】

（ウ－７）多重露光演算手段では微細線パターン像データＦＤＤ、ラフパターン像データＲＤＤ、そしてレジスト特性データＴＨより多重露光をしたときに感光基板（ウエハ）で得られる形成パターンデータＦＲＤＤを演算し、形成パターン表示／入力手段に出力する。

【０２１１】

（ウ－８）形成パターン表示／入力手段は、多重露光演算手段で演算された形成パターンデータＦＲＤＤ又は／及びそのパターンを画面に表示する。

【０２１２】

尚、微細線パターン表示／入力手段と微細線パターン像表示／入力手段は微細線パターン取扱手段の一要素を構成している。ラフパターン表示／入力手段とラフパターン像表示／入力手段はラフパターン取扱手段の一要素を構成している。

【０２１３】

図２８は本実施形態における表示手段（形成パターン表示／入力手段）で表示する画面表示方法の概略図である。

図２８において、ＦＡは微細線パターンデータＦＤに基づく微細線パターンＦＰ（ＭＡＳ

Ｋ１）を表示する表示部、ＲＡはラフパターンデータＲＤに基づくラフパターンＲＰ（ＭＡＳＫ２）を表示する表示部である。

【０２１４】

尚、表示部ＲＡにはラフパターンRPと表示部ＦＡの微細線パターンＦＰとの位置関係を理解しやすいように双方を示している。ＰＡは形成パターンデータＦＲＤに基づく形成パターンＦＲＰを表示する表示部である。ＴＡはレジスト特性データＴＨに基づくガンマ特性γを表示する表示部である。

【０２１５】

ＦＡＡは微細線パターンデータＦＤに基づく微細線パターン像データＦＤＤ（ＩＭＡＧＥ１）を表示する表示部、ＲＡＡはラフパターンデータＲＤに基づくラフパターン像データＲＤＤ（ＩＭＡＧＥ２）を表示する表示部、ＰＡＡは形成パターンデータＦＲＤＤに基づく形成パターンＦＲＰＰを表示する表示部である。本実施形態では図２７に示す装置で得た各種のデータを演算し、リアルタイムで各表示部にデータ及びパターンを表示している。

【０２１６】

図２９は本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態４の要部ブロック図である。本実施形態では図２７の実施形態３に比べて、像演算手段で演算するパラメータ、多重露光演算手段で演算するパラメータ、そして最終的に得たいパラメータ（ラフパターンデータＲＤ）が異なっているだけであり、基本的なパターン計算方法やパターン表示方法は同じである。

【０２１７】

本実施形態では感光基板で得たい形成パターンデータを入力し、設計段階における理想的な回路パターン（ラフパターンデータ）をパラメータとして求めている。

【０２１８】

（エ－１）微細線パターン表示／入力手段から微細線パターンデータＦＤを像演算手段に入力する。

【０２１９】

（エ－２）レジスト特性表示／入力手段からレジスト特性データＴＨを多重露光演算手段に入力する。

【０２２０】

（エ－３）形成パターン表示／入力手段から実際に得たい形状のパターン、即ち感光基板（ウエハ）で得られる形成パターンデータＦＲＤＤを多重露光演算手段に入力する。

【０２２１】

（エ－４）像演算手段では微細線パターンデータＦＤより具体的に露光装置を介したときに得られる微細線パターン像データＦＤＤを演算し、この像データＦＤＤを多重露光演算手段を微細線パターン像表示／入力手段に出力する。

【０２２２】

（エ－４）微細線パターン像表示／入力手段では微細線パターン像データＦＤＤ又は／及びそのパターンを画面に表示する。

【０２２３】

（エ－５）多重露光演算手段では微細線パターン像データＦＤＤ、形成パターンデータＦＲＤＤ、そしてレジスト特性データＴＨより多重露光をしたときに露光装置で得られるラフパターン像データＲＤＤを演算し、ラフパターン像表示／入力手段と像演算手段に出力する。

【０２２４】

（エ－６）ラフパターン像表示／入力手段ではラフパターン像データＲＤＤ又は／及びそのパターンを画面に表示する。

【０２２５】

（エ－７）像演算手段は微細線パターンデータＦＤより露光装置を介した後の微細線パターン像データＦＤＤを演算し、微細線パターン像表示／入力手段に出力する。

【０２２６】
又、ラフパターン像データＲＤＤより露光装置を介する前の（設計値に相当）ラフパターンデータＲＤを演算して、ラフパターン表示／入力手段に出力している。
【０２２７】
（エ－８）微細線パターン像表示／入力手段では微細線パターン像データＦＤＤ又は／及びそのパターンを画面に表示する。
【０２２８】
（エ－９）ラフパターン表示／入力手段ではラフパターンデータＲＤを画面に表示する。
【０２２９】
尚、本実施形態では最終的に得たいパラメータをラフパターンデータＲＤとしたが、これに限らず所定のパラメータのデータを入力すればどのようなパラメータでも任意に選択することができる。
【０２３０】
以上の各実施形態における微細線パターンとしては周期的パターンに限らず、例えば図３０に示すような市松模様のパターンであっても良い。
【０２３１】
本発明のソフトウエアは以上の計算方法に基づいてプログラムされている。又、本発明の記録媒体は以上の計算方法に基づいてプログラムされたソフトウエアを記録している。
【０２３２】
次に上記説明したパターン計算装置で得たマスクを利用した半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。
【０２３３】
図３１は半導体デバイス（ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、或いは液晶パネルやＣＣＤ等）の製造のフローを示す。
【０２３４】
ステップ１（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ２（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。
【０２３５】
一方、ステップ３（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ４（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスクとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。
【０２３６】
次のステップ５（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ４によって作製されたウエ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。
【０２３７】
ステップ６（検査）ではステップ５で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。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。
【０２３８】
図３２は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ１１（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ１２（ＣＶＤ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。
【０２３９】
ステップ１３（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ１４（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ１５（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ１６（露光）では前記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウエハに焼付露光する。
【０２４０】
ステップ１７（現像）では露光したウエハを現像する。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

がす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なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【０２４１】

本実施形態の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【０２４２】

【発明の効果】

本発明は以上のように、

（オ－１）２光束干渉露光に代表される周期パターン露光と周期パターンを含まない通常パターン露光（通常露光）の２つの露光方法を用いることにより、複雑な形状の回路パターンをウエハに形成するときの設計段階で用いる計算装置及び計算方法。

【０２４３】

（オ－２）多重露光（感光基板上の同一領域を互いに異なる光パターンで途中に現像処理工程を介佐須に露光すること）を利用して、所望の形状のパターンを得るときに該所望のパターン形状や、多重露光を行う複数のマスクのパターン形状や感光基板（レジスト）の感度特性、そして露光量等をパラメータとし、これらのパラメータのうちいくつかを特定したときにどのようなパターンや特性を選択すれば良いかを演算し、画面に表示し、設計段階で利用することができる計算装置及び計算方法。

【０２４４】

（オ－３）線幅０．１５μｍ以下の部分を備える回路パターンを容易に得ることが可能な露光方法及び露光装置。

【０２４５】

（オ－４）周期パターン露光と通常露光の２つの露光法が実施できる露光装置。

を、達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明の露光方法のフローチャート

【図２】２光束干渉露光による露光パターンを示す説明図

【図３】レジストの露光感度特性を示す説明図

【図４】現像によるパターン形成を示す説明図

【図５】通常の２光束干渉露光による露光パターンを示す説明図

【図６】本発明における２光束干渉露光による露光パターンを示す説明図

【図７】本発明の実施形態１において形成できる露光パターン（リソグラフィーパターン）の一例を示す説明図

【図８】本発明の実施形態１において形成できる露光パターン（リソグラフィーパターン）の他の一例を示す説明図

【図９】本発明の実施形態１において形成できる露光パターン（リソグラフィーパターン）の他の一例を示す説明図

【図１０】本発明の実施形態２に係るゲートパターンを示す説明図

【図１１】本発明の実施形態２を示す説明図

【図１２】ゲートパターンを説明する図

【図１３】形成されたゲートパターンの説明図

【図１４】形成されたゲートパターンの説明図

【図１５】従来の２光束干渉用露光装置の一例を示す概略図

【図１６】２光束干渉露光を行なう投影露光装置の一例を示す概略図

【図１７】図１６の装置に使用するマスク及び照明方法の１例を示す説明図

【図１８】図１６の装置に使用するマスク及び照明方法の他の１例を示す説明図

【図１９】従来の投影露光装置を示す概略図

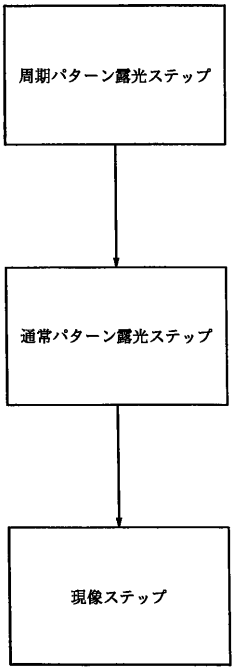
【図２０】本発明の２光束干渉露光装置の一例を示す概略図

【図２１】本発明の高解像度の露光装置の一例を示す概略図

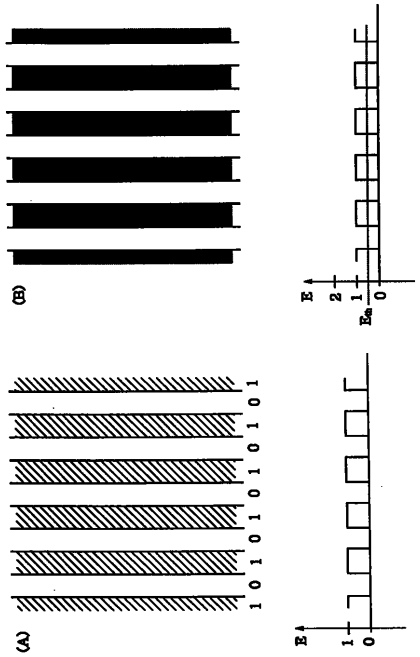
【図２２】本発明の高解像度の露光装置の一例を示す概略図

【図２３】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態１の要部ブロック図
【図２４】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態１の画面表示の説明図
【図２５】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態１の画面表示の説明図
【図２６】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態２の要部ブロック図
【図２７】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態３の要部ブロック図
【図２８】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態２の画面表示の説明図
【図２９】本発明のパターン計算装置及びパターン計算方法の実施形態４の要部ブロック図
【図３０】本発明に係る微細線パターンの説明図
【図３１】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート
【図３２】本発明のデバイスの製造方法のフローチャート
【符号の説明】
２２１　エキシマレーザ
２２２　照明光学系
２２３　マスク（レチクル）
２２４　マスク（レチクル）ステージ
２２５　２光束干渉用マスクと通常投影露光用のマスク
２２６　マスク（レチクル）チェンジャ
２２７　投影光学系
２２８　ウエハ
２２９　ＸＹＺステージ

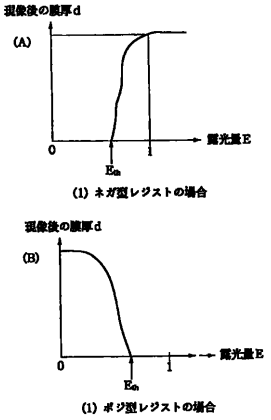
【図１】


周期パターン露光ステップ
通常パターン露光ステップ
現像ステップ

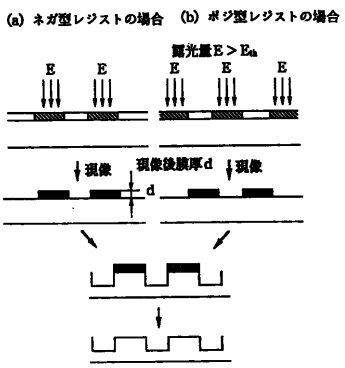
【図２】


(B)
E
2
1
0
Eth
(A)
1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
E
1
0

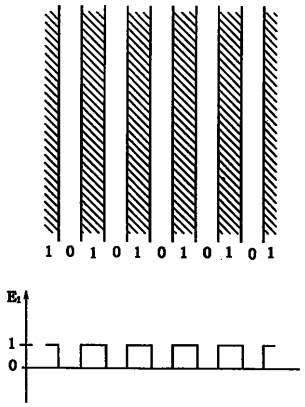
【図３】


現像後の膜厚d
(A)
0
1
露光量E
Eth
(1) ネガ型レジストの場合
現像後の膜厚d
(B)
0
1
露光量E
Eth
(1) ポジ型レジストの場合

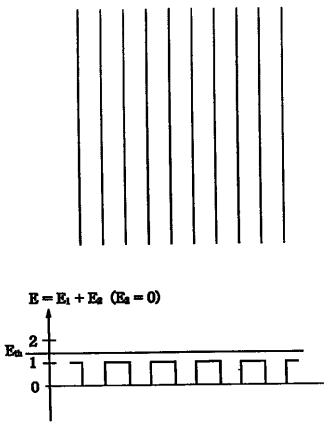
【図４】


(a) ネガ型レジストの場合 (b) ポジ型レジストの場合
露光量E＞Eth
E
E
E
E
E
現像
現像後膜厚d
現像
d

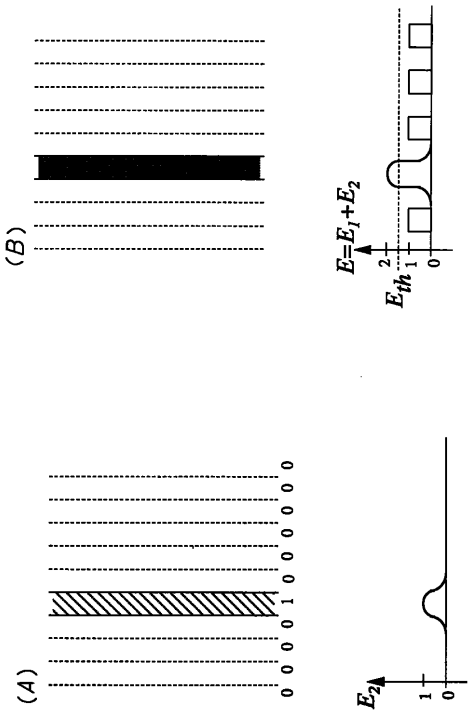
【図５】


1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1
Et
1
0

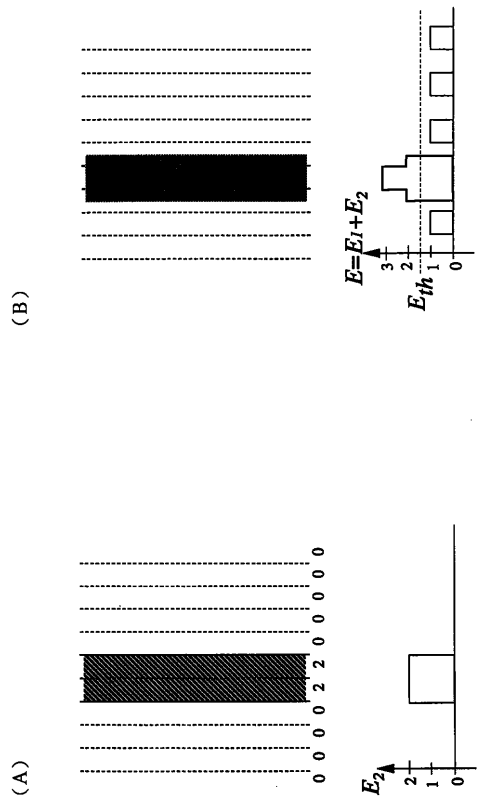
【図６】


E = E1 + E2 (E2 = 0)
E2
2
1
0

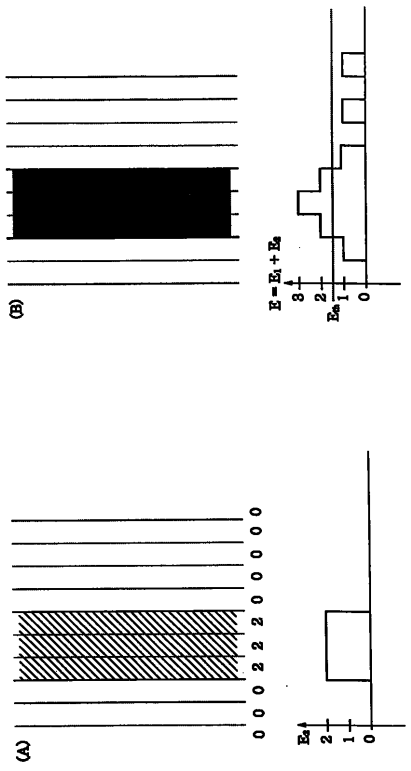
【図７】


(B)
E=E1+E2
Eth
2
1
0
(A)
0 0 0 0 1 0 0 0 0 0
E2
1
0

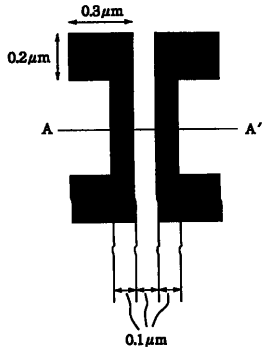
【図８】


(B)
E=E1+E2
Eth
3
2
1
0
(A)
0 0 0 0 2 2 0 0 0 0
E2
2
1
0

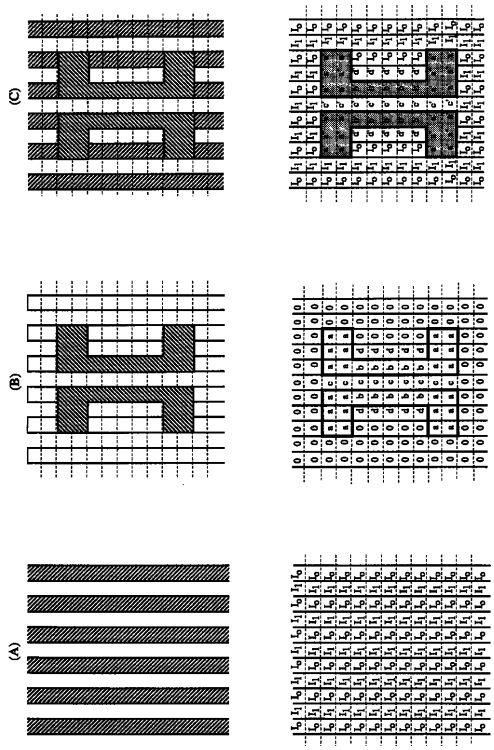
【図９】


(B)
E = E1 + E2
Eth
3
2
1
0
(A)
0 0 0 2 2 2 0 0 0 0
E2
2
1
0

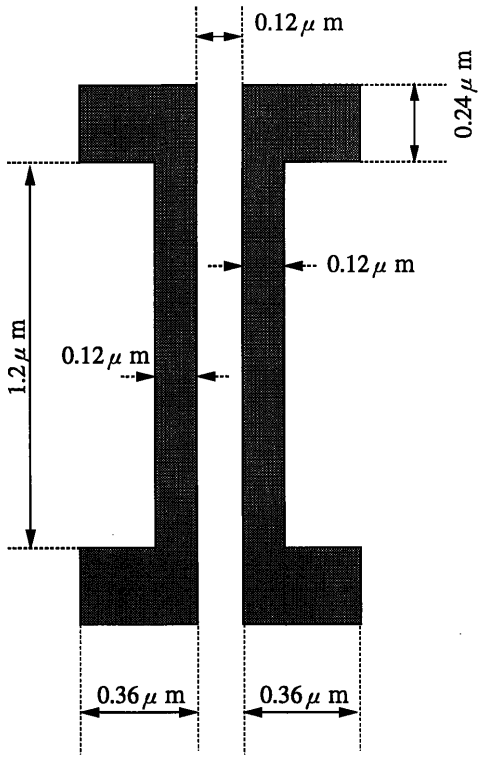
【図１０】



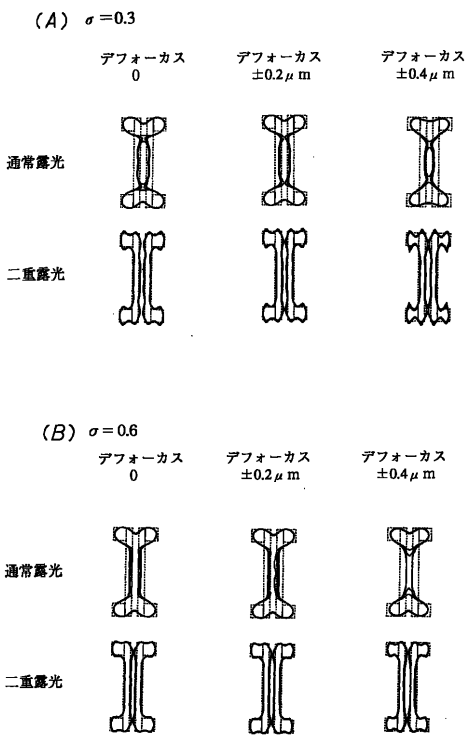
【図１１】



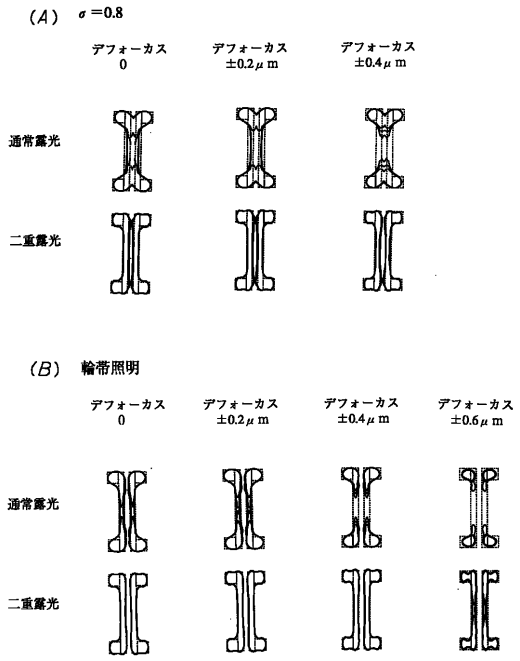
【図１２】



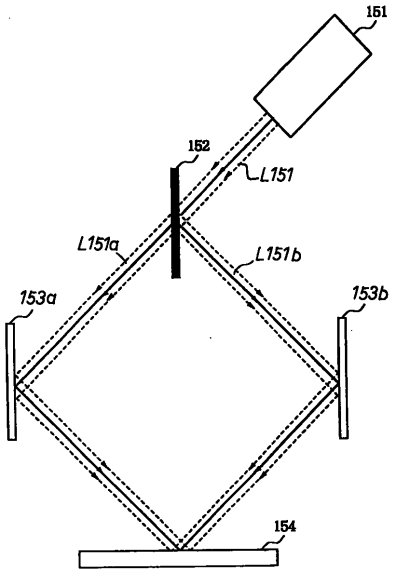
【図１３】



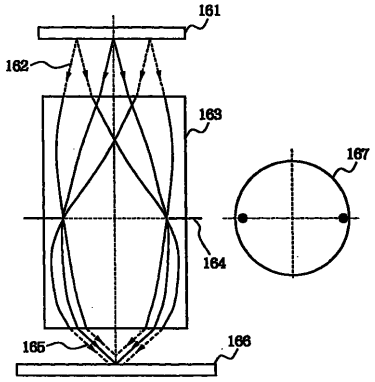
【図１４】



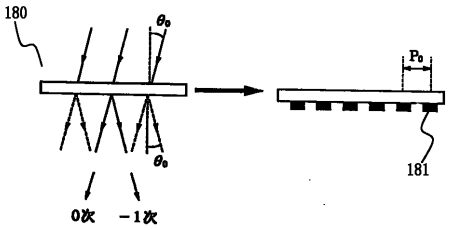
【図１５】



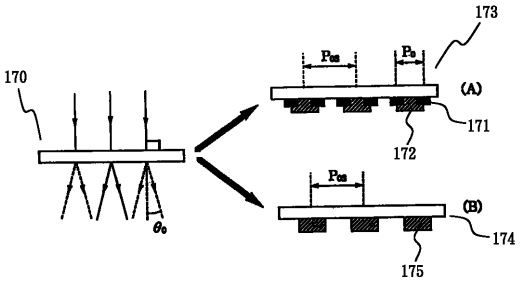
【図１６】



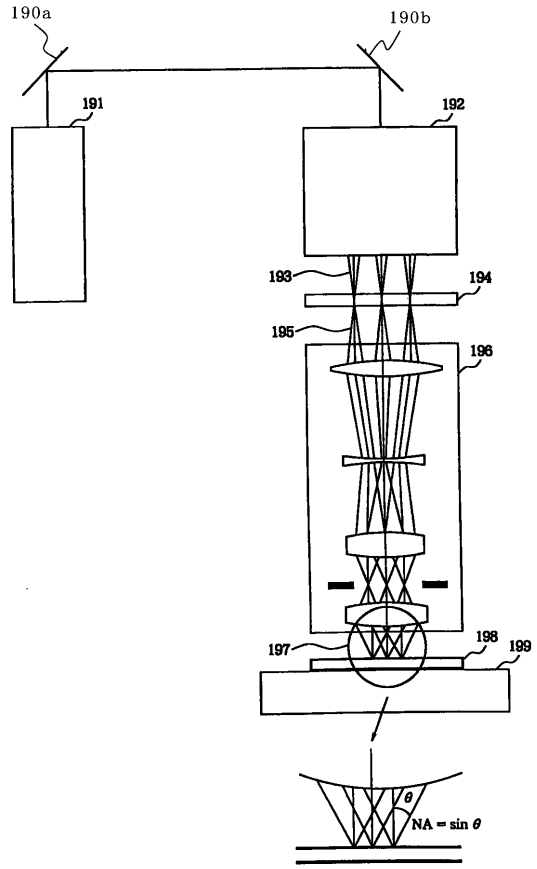
【図１８】



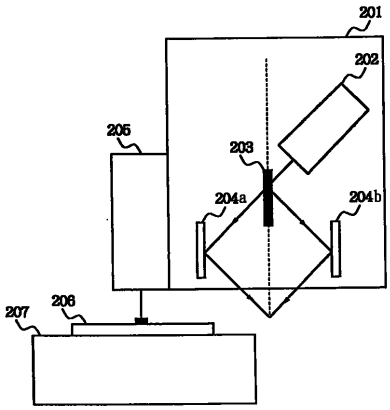
【図１７】



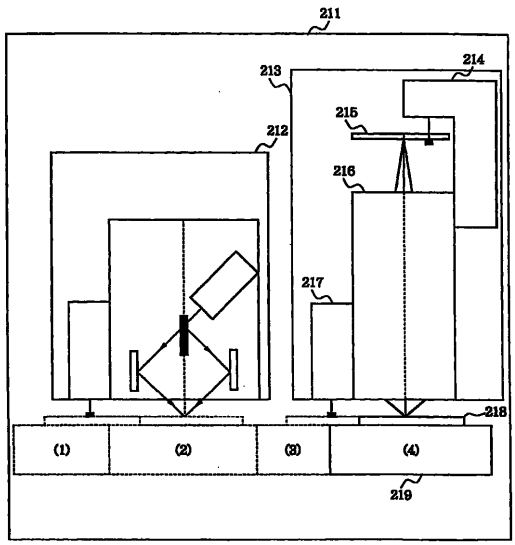
【図１９】



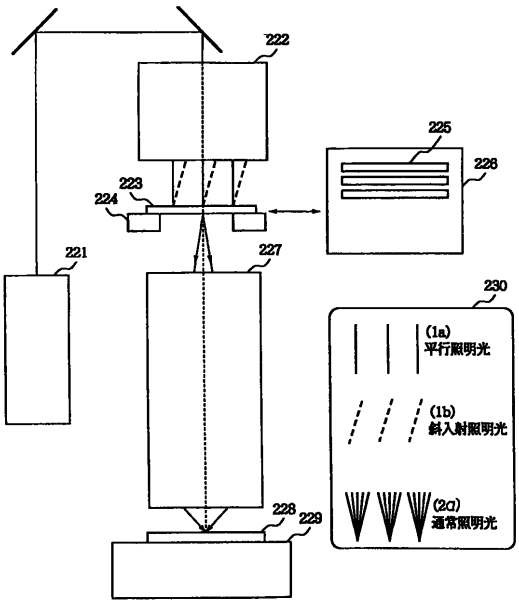
【図２０】



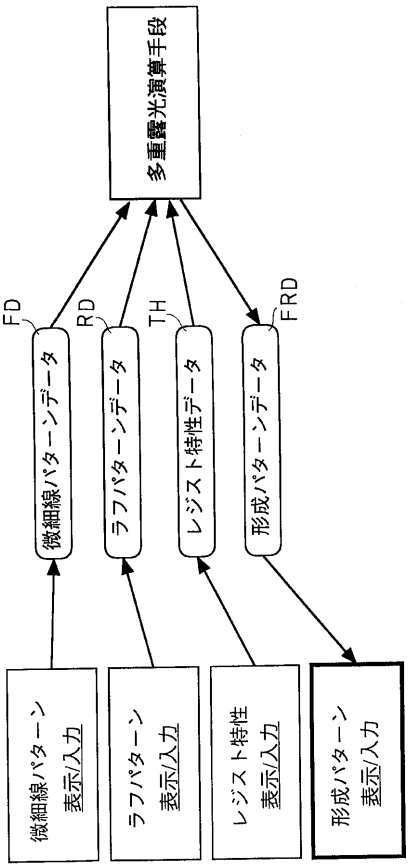
【図２１】



【図２２】

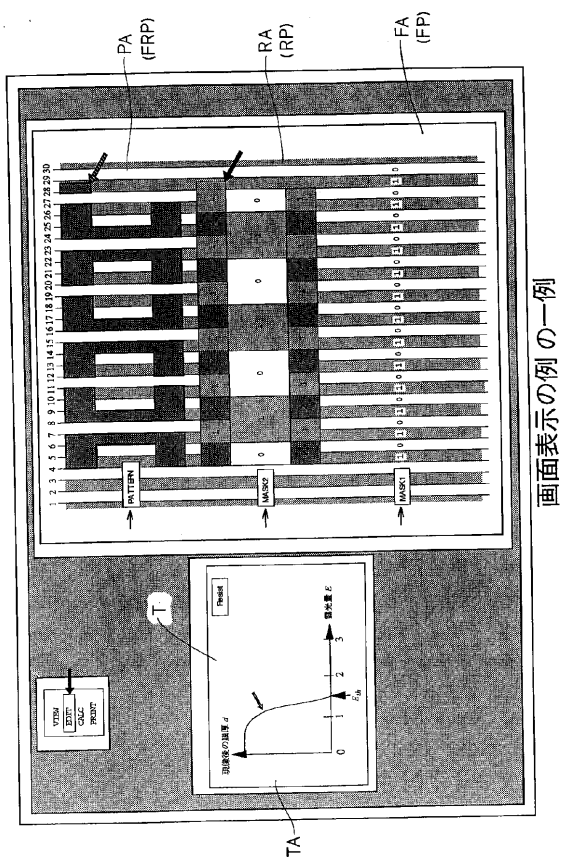


【図２３】



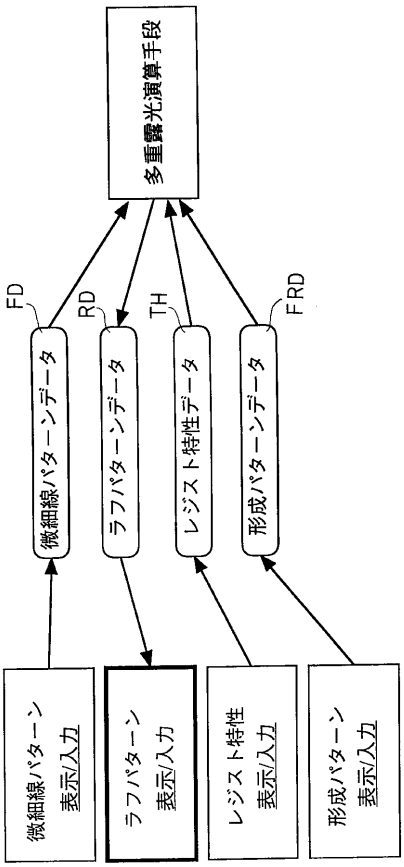
形成パターン演算の一例のブロック図

【図２５】



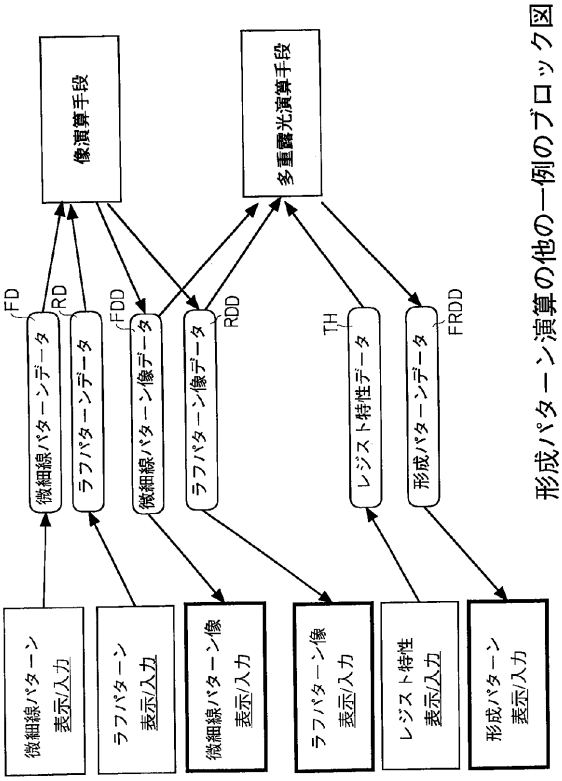
画面表示の例の一例

【図２６】



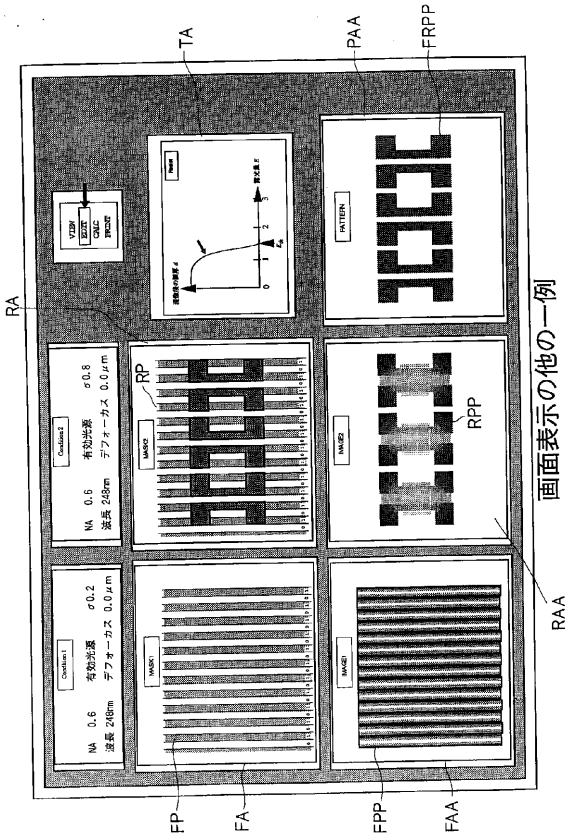
ラフパターン演算の一例のブロック図

【図２７】



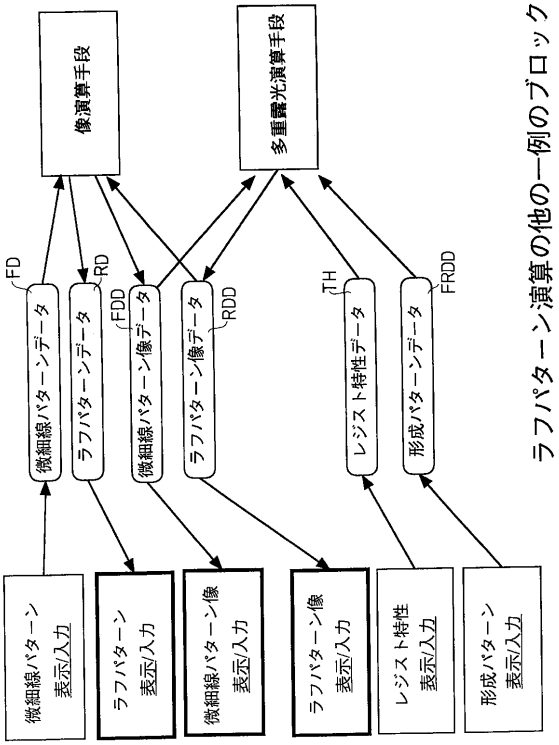
形成パターン演算の他の一例のブロック図

【図２８】



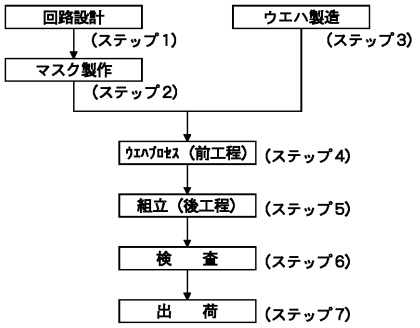
画面表示の他の一例

【図２９】

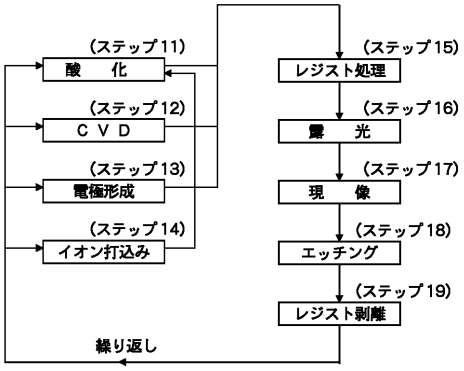


ラフパターン演算の他の一例のブロック図

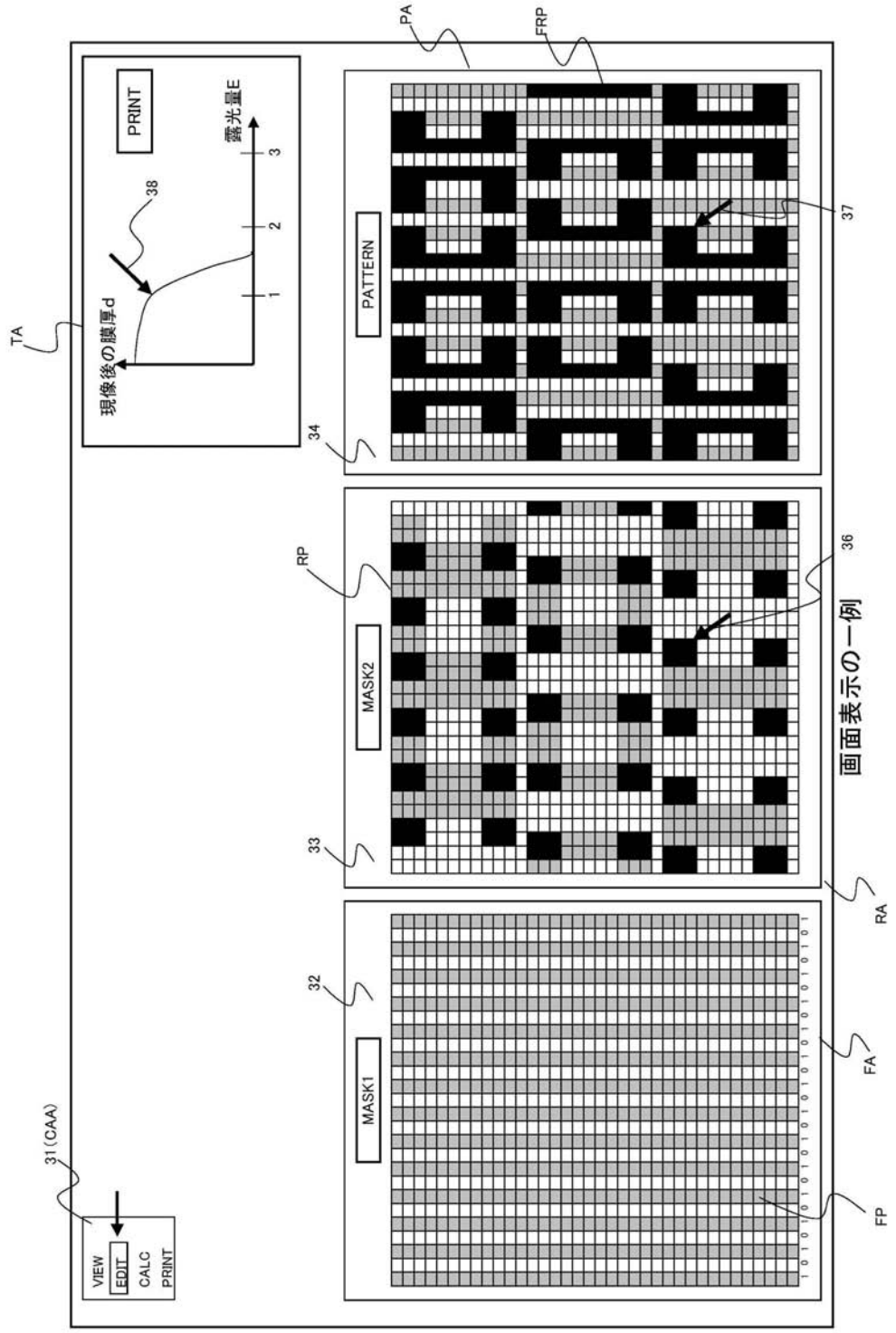
【図３１】



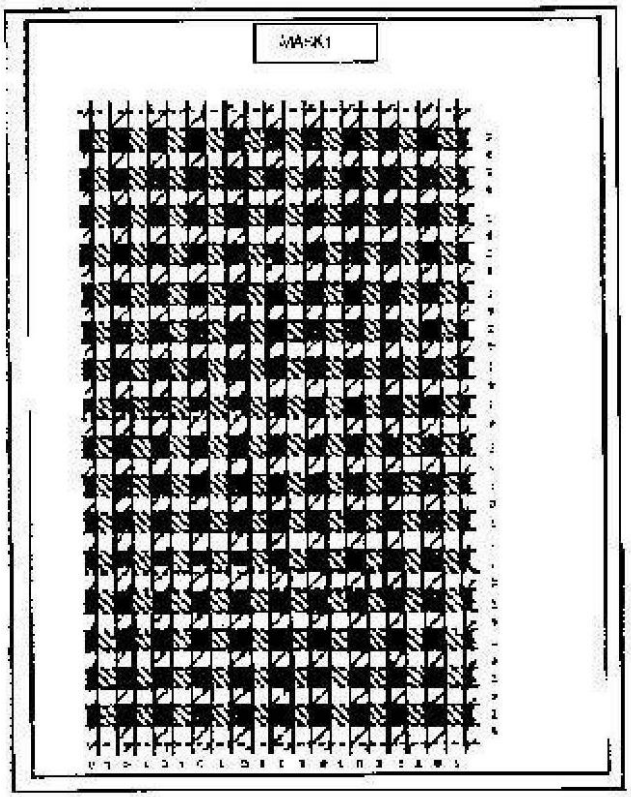
【図３２】



【図２４】


PA
FRP
PRINT
露光量E
38
現像後の膜厚d
TA
PATTERN
37
34
RP
MASK2
36
33
画面表示の一例
RA
32
MASK1
FA
FP
31(CAA)
VIEW
EDIT
CALC
PRINT

【図３０】



＊2次元でもよい
＊2重でもよい