

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3960601号

(P3960601)

(45) 発行日 平成19年8月15日(2007.8.15)

(24) 登録日 平成19年5月25日(2007.5.25)

(51) Int. Cl.		F I		
GO3F	1/08	(2006.01)	GO3F	1/08 A
HO1L	21/027	(2006.01)	HO1L	21/30 5O2P

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2003-74821 (P2003-74821)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成15年3月19日(2003.3.19)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2004-279997 (P2004-279997A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成16年10月7日(2004.10.7)	(74) 代理人	100109900
審査請求日	平成16年10月22日(2004.10.22)		弁理士 堀口 浩
		(72) 発明者	出羽 恭子
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
			式会社東芝 横浜事業所内
		(72) 発明者	小谷 敏也
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
			式会社東芝 横浜事業所内
		(72) 発明者	田中 聡
			神奈川県横浜市磯子区新杉田町8番地 株
			式会社東芝 横浜事業所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エッジ位置ずれ量の算出方法、検証方法、検証プログラム、及び検証システム。

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出する方法であって、

前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、

前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する工程と、

前記評価点での光強度を算出する工程と、

前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、

前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する工程と、

前記交点と前記評価点との差分を算出する工程と、

を備え、

前記差分を前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ位置ずれ量としたことを特徴とするエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項2】

所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出する方法であって、

前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、

10

20

前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する工程と、
 前記評価点での光強度を算出する工程と、
 前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、
 前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算する工程と、
 を備え、
 前記除算の結果を前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ位置ずれ量としたことを特徴とするエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 3】

前記設計パターンが複素透過率分布を規定した設計パターンである場合、前記評価点での光強度を算出する工程は、
 前記設計パターンの複素透過率分布のフーリエ変換を計算する工程と、
 相互透過係数を計算する工程と、
 前記相互透過係数と、前記複素透過率分布と、前記複素透過率分布のフーリエ変換の結果得られた値との積を計算する工程と、
 前記積の逆フーリエ変換を算出する工程と、
 を備えたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 4】

前記評価点での光強度の算出を、前記光強度の前記評価点における n 階 (n は自然数) 微分の多項式により求めることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載のエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 5】

前記 n 階微分の多項式は、前記評価点の位置座標 $x=a$ 近傍における光強度の n 階微分を $f(x)^{(n)}$ ($n=1, 2, \dots$)、係数を C_m ($m=0, 1, 2, \dots$) とし、

$$f(x) = C_0 f(x=a) + C_1 f^{(1)}(x=a)(X-a) + \dots + C_{m-1} f(x=a)^{(n-1)}(X-a)^{n-1} + C_m f(x=a)^{(n)}(X-a)^n$$
 なる多項式としたことを特徴とする請求項 4 に記載のエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 6】

前記 n 階微分の多項式は、前記評価点の位置座標 $x=a$ 近傍における光強度の n 階微分を $x=a$ の時のテーラー展開

$$f(x) = f(x=a) + f^{(1)}(x=a)(X-a)/1! + f^{(2)}(x=a)/2! (X-a)^2 + \dots + f^{(n)}(x=a)/n! (X-a)^n$$
 なる多項式としたことを特徴とする請求項 4 に記載のエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 7】

前記基準光強度またはフォーカスの少なくとも一方をそれぞれ設定された範囲内で変化させて、前記マスクパターン平面形状とウェハ上の前記仕上がりパターン平面形状とを比較する工程を備えたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか 1 項に記載のエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 8】

前記設計パターンは、前記所望パターンに仕上がるように補正されたパターンであることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 のいずれか 1 項に記載のエッジ位置ずれ量の算出方法。

【請求項 9】

所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを決定するための検証方法であって、
 所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、
 前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する工程と、
 前記評価点での光強度を算出する工程と、

10

20

30

40

50

前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、
 前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する工程と、
 前記交点と前記評価点との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量とする工程と、
 前記エッジ位置ずれ量を検証する工程と、
 を備え、

前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とするエッジ位置ずれ量の検証方法。

【請求項 10】

所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを決定するための検証方法であって、

10

所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、
 前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する工程と、

前記評価点での光強度を算出する工程と、
 前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、
 前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算し、この除算結果をエッジ位置ずれ量とする工程と、

20

前記エッジ位置ずれ量を検証する工程と、

を備え、

前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とするエッジ位置ずれ量の検証方法。

【請求項 11】

所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証プログラムであって、

前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する機能と、
 前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する機能と、

30

前記評価点での光強度を算出する機能と、
 前記評価点での光強度の微分量を算出する機能と、
 前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する機能と、
 前記交点と前記評価点との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量とする機能と、
 前記エッジ位置ずれ量を検証する機能と、

を備え、

前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とするエッジ位置ずれ量の検証プログラム。

【請求項 12】

40

所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証プログラムであって、

前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する機能と、
 前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する機能と、

前記評価点での光強度を算出する機能と、
 前記評価点での光強度の微分量を算出する機能と、
 前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算し、この除算結果を

50

エッジ位置ずれ量とする機能と、
 前記エッジ位置ずれ量を検証する機能と、
 を備え、
 前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とするエッジ位置ずれ量の検証プログラム。

【請求項 13】

入出力手段、記憶手段、演算手段、及び表示手段と、これらを制御する手段等を有し、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証システムであって、
 前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する手段と、
 前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する手段と、
 前記評価点での光強度を算出する手段と、
 前記評価点での光強度の微分量を算出する手段と、
 前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する手段と、
 前記交点と前記評価点との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量とする手段と、
 前記エッジ位置ずれ量を検証する手段と、
 を備え、

10

20

前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とするエッジ位置ずれ量の検証システム。

【請求項 14】

入出力手段、記憶手段、演算手段、及び表示手段と、これらを制御する手段等を有し、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証システムであって、
 前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する手段と、
 前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する手段と、
 前記評価点での光強度を算出する手段と、
 前記評価点での光強度の微分量を算出する手段と、
 前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算し、この除算結果をエッジ位置ずれ量を算出する手段と、
 を備え、

30

前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とするエッジ位置ずれ量の検証システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40

【発明の属する技術分野】

本発明は、光またはX線露光法に用いられる露光用マスクの製造技術に関し、特に、微細なパターンを得るために所望パターンに対する設計パターンの仕上がりパターンのエッジ位置ずれ量の算出方法、検証方法、検証プログラム、及び検証システムに関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の半導体製造技術の進歩は非常に目覚しく、最小加工寸法0.18 μ mサイズのLSIなどの半導体デバイスが量産されている。このようなLSIの微細化はマスクプロセス技術、光リソグラフィ技術、及びエッチング技術等の微細パターン形成技術の飛躍的な進歩により実現されている。

50

【0003】

パターンサイズが十分大きい時代には、ウェハ上に形成したいLSIパターンの平面形状をそのまま設計パターンとして描き、その設計パターンに忠実なマスクパターンを作成し、そのマスクパターンを投影光学系によってウェハ上に転写し、下地をエッチングすることによってほぼ設計パターン通りのパターンをウェハ上に形成できた。しかしパターンの微細化が進むにつれて、各プロセスでパターンを忠実に形成することが困難になってきており、最終的な仕上がり寸法が所望のパターン通りにならない問題が生じてきた。

【0004】

なお、パターンの呼称については、必要に応じて、以下のように区別して使い分ける。デバイスの特性、配線の特性等からLSIとして所望されるパターンを「所望パターン」、
10
所望パターンに限りなく追い込むため、設計を行って得られるパターンを「設計パターン」、設計パターンからウェハ上で得られるパターンを「仕上がりパターン」と称し、そして、最終的に満足できる設計パターンをマスク上に形成する。

【0005】

特に、微細加工を達成するために最も重要なリソグラフィ及びエッチングプロセスにおいては、形成したいパターンの周辺に配置された他のパターンレイアウト環境が、そのパターンの寸法精度に大きく影響する。そこでこれらの影響を低減させる技術として、加工後の寸法が所望パターン通りに形成されるように、予め設計パターンに補助パターンを付加する光近接効果補正（OPC：Optical Proximity Correction、以下、単にOPCという）
20
またはプロセス近接効果補正（PPC：Process proximity Correction、以下、単にPPCという）技術などが報告されている。

【0006】

しかしながら、現在においては、OPC及びPPC技術等の複雑化に伴い、デバイス設計者が作成したパターンと、露光時に使用されるマスクパターンとが大きく異なるため、ウェハ上での仕上がりパターン形状を容易に予測することができなくなっている。そのため、ウェハ上での仕上がりパターン形状を、OPCツールとリソグラフィ・シミュレータを用いて予測し、所望パターン形状が得られない場合には、設計パターンを修正するという設計手法がとられている。このような設計手法においては、設計パターンとウェハ上での仕上がりパターンとのずれを示すエッジ位置ずれ量を短時間で算出することが要求される。
30

【0007】

このエッジ位置ずれ量を、Hopkinsの式を用いて光強度を計算して、算出することが提案されている（特許文献1参照。）。このHopkinsの式に基づく従来のエッジ位置ずれ量の算出方法について図8乃至図10を参照しながら説明する。

【0008】

図8(a)には、エッジ位置ずれ量の算出方法に関して、所望パターン41及び設計パターン42を模式的に示し、図8(b)には、設計パターン42から得られる光強度を模式的に示しており、これら両パターンは、図8(b)に示す位置座標44上の関係を正しく表現するように描かれている。図9はエッジ位置ずれ量を求める手順の概略を示すフローチャートであり、図10は、ステップS54、55のHopkinsの式における計算順序を示すフローチャートである。
40

【0009】

まず、LSI等の設計においてデバイス特性を確保するために必要とされる所望パターン41及び所望パターン41を達成するためにOPC等を施した最適化される前の設計パターン42を作成する（ステップS51）。

【0010】

次に、後続のフォトエッチングプロセス等からの要請による、設計パターン42を所望通りにウェハ上に形成するための基準光強度45（ I_{th} ）を設定する（ステップS52）。

【0011】

10

20

30

40

50

続いて、設計パターン 4 2 のウェハ上での仕上がりパターンと所望パターン 4 1 との比較を行うため、複数の評価点、例えば 2 つの評価点、すなわち所望パターン 4 1 のエッジ位置を示す評価点 5 1、及び近傍に評価点 5 2 を設定する（ステップ S 5 3）。

【 0 0 1 2 】

その後、所望パターン 4 1 の評価点 5 1 の位置座標 t_5 における光強度 $I(t_5)$ を、後述の Hopkins の式から算出する（ステップ S 5 4）。

【 0 0 1 3 】

次に、この位置座標 t_5 からわずかにずれた評価点 5 2 の位置座標 t_6 における光強度 $I(t_6)$ を Hopkins の式から算出する（ステップ S 5 5）。

【 0 0 1 4 】

ここで、上記ステップ 5 4 及び 5 5 において、光強度の計算に用いる Hopkins の部分コヒーレント結像式は、次のようになっている。

【 0 0 1 5 】

【数 1】

$$I(t) = \int \int_{-\infty}^{\infty} TCC(\omega, \omega') \times M(\omega) \times M(\omega')^* \times \exp(i((\omega - \omega')t)) d\omega d\omega'$$

この式 1 において、TCC は相互透過係数 (Transmission Cross Coefficient)、 $I(t)$ は位置座標 t における光強度、 M は周波数平面におけるマスク複素透過率分布のフーリエ変換、 M^* は周波数平面におけるマスク複素透過率分布のフーリエ変換の複素共役、 i は虚数単位、及び ω は角周波数である。

【 0 0 1 6 】

次に、この式 1 の計算手順について、図 10 のフローチャートを用いて説明する。最初に、TCC (ω, ω') の計算をする（ステップ S 6 1）。

【 0 0 1 7 】

続いて、設計パターンの複素振幅透過率分布の $M(\omega)$ フーリエ変換を行い、 $M(\omega')$ を求める（ステップ S 6 2）。

【 0 0 1 8 】

その後、TCC (ω, ω') $\times M(\omega) \times M(\omega')$ で表されるステップ S 6 1 とステップ S 6 2 の積を計算する（ステップ S 6 3）。

【 0 0 1 9 】

次に、ステップ S 6 3 の逆フーリエ変換であるステップ S 6 3 の式と $\exp(i(\omega - \omega')t)$ の積を、 t に対して積分する（ステップ S 6 4）。

【 0 0 2 0 】

以上のように、上記式 1 の Hopkins の式を用いて、評価点 5 1、5 2 の位置座標 t_5 、 t_6 の光強度 $I(t_5)$ 、 $I(t_6)$ を算出した後、この評価点 5 1、5 2 の位置座標 t_5 、 t_6 の光強度 $I(t_5)$ 、 $I(t_6)$ を結ぶ直線 5 3 の式を算出する（ステップ S 5 6）。

【 0 0 2 1 】

次に、この直線 5 3 から光強度が基準光強度 4 5 (I_{th}) になる交点 5 4 の位置座標 t_7 を算出する（ステップ S 5 7）。

【 0 0 2 2 】

続いて、位置座標 t_5 と位置座標 t_7 との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量 5 6 とする（ステップ S 5 8）。

【 0 0 2 3 】

これにより、所望パターン 4 1 に対して、設計パターン 4 2 から計算した仕上がりパターンのエッジ位置がどれだけずれているかを定量的に把握する。

【 0 0 2 4 】

【特許文献 1】

米国特許第 6 4 7 0 4 8 9 号明細書（第 2 0 頁（欄））

10

20

30

40

50

【0025】

【発明が解決しようとする課題】

上記した従来のエッジ位置ずれ量の算出方法では、所望パターンを含む2つの評価点51、52の位置座標 t_5 、 t_6 における光強度について、上記Hopkinsの式を用いて計算しているが、この場合にはそれぞれの位置座標における角周波数分布の逆フーリエ変換を計算することが必要で、特に大きな計算負荷がかかる $\exp(i(\dots)t)$ の部分を展開した三角関数の計算 $(\cos(\dots)t - i \sin(\dots)t)$ を2回行うことになる。このため、三角関数の計算に多くの時間が取られて、高精度なエッジ位置ずれ量を短時間で算出できないことが問題であった。

【0026】

本発明では、光強度の計算において、計算負荷を大幅に低減させることができる、高速計算可能なエッジ位置ずれ量の算出方法、検証方法、検証プログラム、及び検証システムを提供することを目的とする。

【0027】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明のエッジ位置ずれ量の算出方法は、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出する方法であって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較結果を算出するための評価点を設定する工程と、前記評価点での光強度を算出する工程と、前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する工程と、前記交点と前記評価点との差分を算出する工程とを備え、前記差分を前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ位置ずれ量としたことを特徴とする。

【0028】

本発明のエッジ位置ずれ量の算出方法は、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出する方法であって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する工程と、前記評価点での光強度を算出する工程と、前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算する工程とを備え、前記除算の結果を前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ位置ずれ量としたことを特徴とする。

【0029】

また、本発明のエッジ位置ずれ量の検証方法は、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを決定するためのエッジ位置ずれ量の検証方法であって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較結果を算出するための評価点を設定する工程と、前記評価点での光強度を算出する工程と、前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する工程と、前記交点と前記評価点との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量とする工程と、前記エッジ位置ずれ量を検証する工程とを備え、前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とする。

【0030】

また、本発明のエッジ位置ずれ量の検証方法は、所望パターンの平面形状と、設計パター

10

20

30

40

50

ンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを決定するための検証方法であって、所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する工程と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する工程と、前記評価点での光強度を算出する工程と、前記評価点での光強度の微分量を算出する工程と、前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算し、この除算結果をエッジ位置ずれ量とする工程と、前記エッジ位置ずれ量を検証する工程と、を備え、前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とする。

10

【0031】

また、本発明のエッジ位置ずれ量の検証プログラムは、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証プログラムであって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する機能と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する機能と、前記評価点での光強度を算出する機能と、前記評価点での光強度の微分量を算出する機能と、前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する機能と、前記交点と前記評価点との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量とする機能と、前記エッジ位置ずれ量を検証する機能とを備え、前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とする。

20

【0032】

また、本発明のエッジ位置ずれ量の検証プログラムは、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証プログラムであって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する機能と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する機能と、前記評価点での光強度を算出する機能と、前記評価点での光強度の微分量を算出する機能と、前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分量で除算し、この除算結果をエッジ位置ずれ量とする機能と、前記エッジ位置ずれ量を検証する機能とを備え、前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とする。

30

【0033】

そして、本発明のエッジ位置ずれ量の検証システムは、入出力手段、記憶手段、演算手段、及び表示手段と、これらを制御する手段等を有し、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証システムであって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する手段と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する手段と、前記評価点での光強度を算出する手段と、前記評価点での光強度の微分量を算出する手段と、前記微分量と前記基準光強度との交点を算出する手段と、前記交点と前記評価点との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量とする手段と、前記エッジ位置ずれ量を検証する手段とを備え、前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とする。

40

50

【0034】

また、本発明のエッジ位置ずれ量の検証システムは、入出力手段、記憶手段、演算手段、及び表示手段と、これらを制御する手段等を有し、所望パターンの平面形状と、設計パターンから光強度計算に基づいて予測されたウェハ上の仕上がりパターンとを比較して、前記仕上がりパターンの前記所望パターンに対するエッジ毎の位置ずれ量を算出し、この算出結果に基づいて前記設計パターンを補正するか否かを検証するためのエッジ位置ずれ量の検証システムであって、前記所望パターンをウェハ上に形成するための基準光強度を設定する手段と、前記所望パターンの平面形状と、前記仕上がりパターン平面形状との比較を行うための評価点を設定する手段と、前記評価点での光強度を算出する手段と、前記評価点での光強度の微分を算出する手段と、前記評価点での光強度と前記基準光強度との差分を前記微分値で除算し、この除算結果をエッジ位置ずれ量を算出する手段とを備え、前記検証の結果、エッジ位置ずれ量が許容範囲を超える場合に、この位置ずれ量に基づいて前記設計パターンを補正することを特徴とする。

10

【0035】

本発明によれば、計算負荷を大幅に低減させることができ、高速計算可能なエッジ位置ずれ量の算出方法、検証方法、検証プログラム、及び検証システムを提供することができる。

【0036】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。

20

【0037】

(第1の実施の形態)

本発明の第1の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の算出方法及び検証方法について、図1及び図2を参照しながら説明する。

【0038】

図1(a)には、エッジ位置ずれ量算出方法に関して、所望パターン1及び設計パターン2を模式的に示し、図1(b)には、設計パターン2から得られる光強度を模式的に示しており、これら両パターンは、図1(b)に示す位置座標4上の関係を正しく表現するように描かれている。図2はエッジ位置ずれ量を求める手順の概略を示すフローチャートである。

30

【0039】

まず、LSI等の設計においてデバイス特性を確保するために必要とされる所望パターン1及び所望パターン1を達成するためにOPC等を施した最適化される前の設計パターン2を作成する(ステップS11)。

【0040】

次に、後続のフォトエッチングプロセス等からの要請による、設計パターン2をウェハ上に形成するための基準光強度5(I_{th})を設定する(ステップS12)。

【0041】

続いて、設計パターン2のウェハ上での仕上がりパターンと所望パターン41との比較を行うため、所望パターン41のエッジ位置を示す1つの評価点11を設定する(ステップS13)。

40

【0042】

その後、所望パターン1の評価点11の位置座標 t_1 における光強度 $I(t_1)$ を上述のHopkinsの式1から算出する(ステップS14)。

【0043】

次に、この評価点11の位置座標 t_1 における光強度 $I(t_1)$ の微分量 $I'(t_1)$ を、次式により算出する(ステップS15)。

【0044】

【数2】

$$I^n(t) = \int \int_{-\infty}^{\infty} TCC(\omega, \omega') \times M(\omega) \times M(\omega') \times (i(\omega - \omega'))^n \times \exp(i((\omega - \omega')t)) d\omega d\omega'$$

この式 2 による計算において、大きな計算負荷がかかる $\exp(i(\omega - \omega')t)$ の部分は、ステップ S 14 で光強度 $I(t_1)$ を求める際に計算した結果を参照する。

【0045】

その後、位置座標 t_1 における微分量を表す直線 13 から光強度が基準光強度 5 (I_{th}) になる交点 14 の位置座標 t_2 を算出する (ステップ S 16)。

【0046】

次に、位置座標 t_1 と位置座標 t_2 との差分を算出し、この差分をエッジ位置ずれ量 16 とする (ステップ S 17)。

【0047】

これにより、所望パターン 1 に対して、設計パターン 2 のウェハ上仕上がりパターンのエッジ位置がどれだけずれているかを定量的に把握する。

【0048】

しかる後、このエッジ位置ずれ量の算出結果を検証し、その検証結果に基づいて、所望パターンと設計パターンの仕上がりパターンとのエッジ位置がずれている場合には、設計パターン 2 を OPC、PPC 等で補正を行い、上述したエッジ位置のずれ量の算出ステップを繰り返して、所望パターン 1 と設計パターン 2 の仕上がりパターンとのエッジ位置ずれ量がデバイス設計段階で規定された許容範囲内になるように設計パターンを設計する。

【0049】

上記した本発明の第 1 の実施の形態では、所望パターンの位置座標の近傍における光強度の傾きを算出する方法は、所望パターンの 1 つの評価点の位置座標 t_1 について式 1 を計算し、次にこの位置座標 t_1 における光強度の微分量から算出している。しかも、この微分量の計算においては、大きな計算負荷がかかる $\exp(i(\omega - \omega')t)$ の部分は、最初に式 1 を求めた際に計算した結果を参照しており、新たな計算を必要とせず、短時間に算出できる。従って、エッジ位置ずれ量を短時間に算出できる。

【0050】

次に、従来のように三角関数を計算する場合と、本実施の形態のように一度計算した結果を参照する場合との計算時間を比較した。ここでは、三角関数として、式 ($\exp(i(\omega - \omega')t) = \cos(\omega - \omega')t - i \sin(\omega - \omega')t$) の内の $\sin(\omega - \omega')t$ を計算する方法で比較した。

【0051】

$\sin(\omega - \omega')t$ の計算を 1000 万回計算する時間は約 6 秒であった。一方、予め計算された $\sin(\omega - \omega')t$ を 1000 万回参照する時間は約 0.6 秒であった。この計算時間の比率 10 : 1 は、 $\cos(\omega - \omega')t$ においても同じ関係になり、更に加減算が追加される $\exp(i(\omega - \omega')t)$ の計算においても、概ね同じ傾向となる。そして、実際の光強度の式 1 を計算しても、計算時間の比率は同様であることを確認した。

【0052】

つまり、2 つの評価点の光強度を計算する時間を 2 とすると、1 つの評価点での光強度と、その評価点での微分量を計算する時間は約 1.1 となり、本実施の形態によれば、光強度の計算時間は、従来の計算時間の約 1/2 に短縮される。この計算時間はコンピュータの性能が向上及び計算方法がより洗練されれば時間短縮が可能であるが、2 度、フーリエ変換を求める場合と、1 度のフーリエ変換とその微分係数参照の場合との計算時間の比率は、他の要素に関係なく、概ね 2 : 1 であることには変わりない。

【0053】

(第 2 の実施の形態)

次に、本発明の第 2 の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の算出方法及び検証方法について、図 3 を参照しながら説明する。図 3 において、上記第 1 の実施の形態と同一ステップ

には、同一符号を付してそのステップの説明は省略し、異なるステップのみ説明する。

【0054】

本実施の形態が上記第1の実施の形態と異なる点は、微分量を表す直線13から光強度が基準光強度 I_{th} になる交点14の位置座標 t_2 を算出し、この t_2 と評価点11の位置座標 t_1 との差分をエッジ位置ずれ量とするのではなく、評価点11の位置座標における光強度 $I(t_1)$ 、その光強度の一階微分を計算して、エッジ位置ずれ量を算出することにある。すなわち、エッジ位置ずれ量 CD は、次式で求められる。

【0055】

【数3】

$$CD = (I(t) - I_{th}) / \text{傾き} \cdots 3$$

10

この式において、 CD はエッジ位置ずれ量、 $I(t)$ は評価点の位置座標 (t) における光強度、 I_{th} は基準光強度、傾き(dose slope)は評価点の位置座標の一階微分をそれぞれ表す。

【0056】

本実施の形態では、まず、上記第1の実施の形態と同様に、ステップ11～ステップ15を行う。この後、ステップ14で算出した、例えば評価点11の位置座標 t_1 における光強度 $I(t_1)$ 、ステップ12で設定された基準光強度 I_{th} 、及びステップ15で算出された微分量である傾きを用いて、上記式3によりエッジ位置ずれ量16を算出する(ステップ19)。

【0057】

20

しかる後、上記第1の実施形態と同様に、このエッジ位置ずれ量の算出結果を検証し、その検証結果に基づいて、所望パターンと設計パターンの仕上がりパターンとのエッジ位置がずれている場合には、設計パターン2をOPC、PPC等で補正を行い、上述したエッジ位置のずれ量の算出ステップを繰り返して、所望パターン1と設計パターン2の仕上がりパターンとの位置ずれ量がデバイス設計段階で規定された許容範囲内になるように設計パターンを設計する。

【0058】

上記した第2の実施の形態では、上記第1の実施の形態と同様に、所望パターンの位置座標の近傍における光強度の傾きを算出する方法は、所望パターン1つの評価点の位置座標 t_1 について式1を計算し、次にこの位置座標 t_1 における光強度の微分量から算出しているため、エッジ位置ずれ量を短時間に算出できる。しかも、上記第1の実施の形態におけるステップ15、16の微分量の算出、及びこの微分量を表す直線13と基準光強度 I_{th} との交点14になる位置座標 t_2 の算出が省略でき、その算出時間が短縮され、上記第1の実施の形態に比べてエッジ位置ずれ量の算出時間が短縮される。

30

【0059】

(実施例1)

図4は、マスクパターンを仮定して、本実施の形態のエッジ位置ずれ量の算出方法による位置ずれ量と従来のエッジ位置ずれ量の算出方法による位置ずれ量とを比較した図である。

【0060】

40

ここでは、図4(a)に示すように、マスクパターンとして、長辺の寸法が $1\mu\text{m}$ 、短辺の方向が $0.09\mu\text{m}$ の長方形の抜きパターン22のあるマスク、すなわち、ダークフィールドマスク21を用意する。このマスクにOPCを施し、露光条件は、露光波長 193nm 、開口数(Numerical Aperture: NA) 0.75 、コヒーレンスファクター() 0.85 、 $2/3$ 輪帯照明(照明中心遮蔽率)に設定し、基準露光量 $I_{th} = 0.218$ 、現像モデルを考慮した条件で補正後のマスクによってウェハ上に形成される仕上がりパターンを計算した。

【0061】

そして、マスクの設計データの長方形の長辺パターンエッジを、このエッジに沿って等間隔に分割して、本実施の形態による方法、すなわち各分割点の位置座標での光強度、及び

50

その光強度の1階微分を計算し、設計データに対するエッジ位置ずれ量 (CD1) を求めて、図4(b)に点線で示した。

【0062】

一方、従来の方法、すなわち同じ分割点の位置座標での光強度、及び位置座標をわずかに移動した位置座標での光強度から、設計データに対するエッジ位置ずれ量 (CD2) を求めて、図4(b)に破線で示した。図4(b)の横軸は μm 単位で示した位置座標、縦軸は μm 単位で示したエッジ位置ずれ量である。

【0063】

また、このようにして、本実施の形態の方法で求めたエッジ位置ずれ量 (CD1) と、従来法で求めたエッジ位置ずれ量 (CD2) との差分 (CD2 - CD1) を、図4(c)に示す。図4(c)は、図4(b)と同様に、横軸は μm 単位で示した位置座標、縦軸は μm 単位で示したエッジ位置ずれ量の差分である。

10

【0064】

図4(b)に示すように、本実施の形態と従来による2本のエッジ位置ずれ量を示す線は、ほとんど重なっている。また、図4(c)に示すように、パターンコーナーに相当する部分を除外すると、両者は $0.001\mu\text{m}$ (1nm) 未満の差で一致している。つまり、従来法で求めたエッジ位置ずれ量とほとんど差がないことが分かる。

【0065】

一方、計算時間は、上述したように、本実施の形態の方法によれば、従来の方法による場合の約半分である。

20

【0066】

従って、本実施の形態によれば、エッジ位置ずれ量を高精度、且つ高速度で算出できる。

【0067】

(実施例2)

この実施例は、図5(a)に示すように、マスクパターンとして、長辺の寸法が $1\mu\text{m}$ 、短辺の方向が $0.09\mu\text{m}$ の長方形の残しパターン32のあるマスク、すなわち、ブライトフィールドマスク31を用いて、上記実施例1と同様に、本実施の形態と従来のエッジ位置ずれ量の算出方法による位置ずれ量とを比較し、その結果を図5に示す。

【0068】

上記実施例1と同様に、本実施の形態と従来による2本のエッジ位置ずれ量を示す線は、ほとんど重なっている。また、両者のエッジ位置ずれ量の差分は、パターンコーナーに相当する部分を除外すると、ほぼ一致している。つまり、従来の方法で求めたエッジ位置ずれ量とほとんど差がないことが分かる。

30

【0069】

一方、計算時間は、上述したように、本実施の形態の方法によれば、従来の方法による場合の約半分である。

【0070】

従って、本実施の形態によれば、エッジ位置ずれ量を高精度、且つ高速度で算出できる。

【0071】

(第3の実施の形態)

40

次に、本発明の第3の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の検証プログラム及び検証システムについて、図6及び7を参照しながら説明する。

【0072】

エッジ位置ずれ量の検証システム100は、図6に示すように、演算処理、及び各部の制御等を司るコンピュータ101と、演算結果、検証プログラム等を記憶する記憶部102と、各入力データ等を入力する入力部103と、他のコンピュータで作成された検証プログラムを格納した光ディスク等の記憶媒体から検証プログラムを記憶部102に書きこむための記憶媒体入出力部104と、入出力情報、演算結果等を表示する表示部105で構成され、このエッジ位置ずれ量の検証システム100には、図7に示すような検証プログラムがインストールされる。

50

【 0 0 7 3 】

この検証プログラムは、例えば、表示部 1 0 5 を見ながら、キーボード等の入力部 1 0 3 から入力されたり、あるいは、他のコンピュータで作成された検証プログラムは光ディスク等の記憶媒体を介して、記憶媒体入出力部 1 0 4 を通して、コンピュータ 1 0 1 に入力され、記憶部 1 0 2 に格納される。

【 0 0 7 4 】

そして、この検証プログラムの実行は、表示部 1 0 5 を見ながら、記憶部 1 0 2 に格納された検証プログラムを演算部に呼び出して、入力部 1 0 3 から初期条件を初め必要なデータ等を入力して、行うことができる。計算が終わると得られたエッジ位置ずれ量等は、記憶部 1 0 2 に格納され、必要に応じて、表示部 1 0 5 への表示、プリンタ（図示略）への出力、あるいは、記憶媒体入出力部 1 0 4 から各種ディスクや半導体メモリ等の記憶媒体への出力が可能である。

10

【 0 0 7 5 】

なお、ここでは、独立した検証システムとして例示したが、データ処理ネットワーク等に接続するための通信アダプタ（図示略）等を備えていても差し支えない。

【 0 0 7 6 】

次に、上記第 1 の実施の形態で示したエッジ位置ずれ量の算出を行うためのプログラムは、図 7 に示すように、所望パターン、設計パターン等の評価レイアウト、例えば露光装置等によって規定される光学条件、フォトリソグラフィプロセス等によって規定される基準光強度、評価すべき点の位置座標等を入力するステップ S 2 1、次に、評価点の光強度計算は Hopkins の式 1 に従って計算するステップ S 2 2、次に、ステップ 2 2 で光強度計算時に算出した式 1 の \exp 部を参照して、微分量を式 2 に従って計算、微分量を算出するステップ S 2 3、次に、微分量と基準光強度との交点を計算するステップ S 2 4、次に、交点と評価点との差分を計算し、エッジ位置ずれ量とするステップ S 2 5、次に、結果として得られた位置ずれ量を出力するステップ S 2 6 を有する。

20

【 0 0 7 7 】

また、第 2 の実施の形態で示したエッジ位置ずれ量の算出及び検証を行うためのプログラムは、図 7 (a) のフローチャートのステップ S 2 4 乃至 S 2 5 に代えて、図 7 (b) に示すステップ S 2 9、すなわち、光強度と基準光強度の差分を傾きである微分量で除算するステップを有する。

30

【 0 0 7 8 】

なお、上記プログラムにおいて、記憶部に対して演算処理の結果の書き込み及びその演算結果の読み出すためのステップ等は省略している。また、検証プログラムは、上記エッジ位置ずれ算出プログラムに、さらにステップ S 2 9 またはステップ S 2 9 の後に、エッジ位置ずれ量の検証ステップが追加される。

【 0 0 7 9 】

以上、本実施の形態では、従来のエッジ位置ずれ量の計算を行っていたエッジ位置ずれ量の検証システムに追加や変更を行うことなく、計算を実行できる。しかも、従来のエッジ位置ずれ量の計算に比較して、実行時間は約 1 / 2 に短縮できる。従って、同一のエッジ位置ずれ量の検証システムで約 2 倍の仕事を行うことができるので、エッジ位置ずれ量の検証システムの効率的運用が可能である。

40

【 0 0 8 0 】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々変形して実施することができる。

【 0 0 8 1 】

例えば、各実施の形態においては、評価点近傍の光強度の微分量を算出したときに得られる係数 $(i(\quad))^{n}$ と、角周波数分布成分との積を求めてから、逆フーリエ変換を行って光強度を求めたが、予め微分した形の TCC を複数作成して、逆フーリエ変換の際にこれを参照して計算を行うことも可能である。この方法は、特に広範囲における光強度を計算するとき、計算の負荷を軽減することができる。

50

【 0 0 8 2 】

また、評価点の位置での光強度を求めるために、光強度の1階微分を用いたが、逐次近似の概念を用いると、ある評価点(座標 $x = a$)近傍における光強度の近似式は、座標 $x = a$ における n 階微分の多項式で表すことができる。すなわち、近似式を $f(x)$ とすると、光強度の n 階微分を $f(x)^{(n)}$ ($n=1, 2, \dots$)、係数を C_m ($m=0, 1, 2, \dots$) としたとき、次の式で示すように、

【数 4】

$$f(x) = C_0 f(x=a) + C_1 f^{(1)}(x=a)(X-a) + \dots + C_{m-1} f^{(m-1)}(x=a)(X-a)^{m-1} + C_m f^{(m)}(x=a)(X-a)^m \dots \quad 4$$

と表される。この式を高次項まで含めてデータを補間することによって、評価点近傍の光強度がより正確に近似され、エッジ位置ずれ量を高精度に求めることができる。 10

【 0 0 8 3 】

そして、同様に、ある評価点($x = a$)近傍における光強度の近似式は、座標 $x = a$ における n 階微分の多項式で表すことができ、以下のテーラー展開式、

【数 5】

$$f(x) = f(x=a) + f^{(1)}(x=a)(X-a)/1! + f^{(2)}(x=a)(X-a)^2/2! + \dots + f^{(n)}(x=a)(X-a)^n/n! + \dots \quad 5$$

を用いて、近似することもできる。

【 0 0 8 4 】

また、1階微分を行い、評価点のエッジに垂直な方向の傾きを求めたが、エッジに対して接線方向の傾きをさらに求め、両者を合成して傾きとすることもできる。そして、求めた傾きと、評価点における光強度と基準露光量との差分とから、エッジ位置ずれ量を計算することができる。 20

【 0 0 8 5 】

また、ウェハ上に光学像が焦点を結んだベストフォーカス時のエッジ位置ずれ量を求めたが、ベストフォーカスに限らず、さまざまなデフォーカス、あるいは、所望寸法を与える露光量等も設定することができる。

【 0 0 8 6 】

さらに、実用あるいは開発途上にある波長 $0.1 \sim 0.2 \mu\text{m}$ 前後の紫外光を想定して説明したが、高集積化つまり半導体パターンの微細化が進み、それに見合う短波長の光あるいは X 線が必要とされる状況になっても、本発明を適用することが可能である。 30

【 0 0 8 7 】

【発明の効果】

本発明によれば、光強度の計算において、計算負荷を大幅に低減させ、高速計算できるエッジ位置ずれ量の算出方法、検証方法、検証プログラム、及び検証システムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の算出及び検証方法を説明するための図。

【図 2】 本発明の第 1 の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の算出及び検証の手順を示すフローチャート。 40

【図 3】 本発明の第 2 の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の算出及び検証の手順を示すフローチャート。

【図 4】 本発明の第 2 の実施の形態に係る実施例 1 を示す図。

【図 5】 本発明の第 2 の実施の形態に係る実施例 2 を示す図。

【図 6】 本発明の第 3 の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の検証システムを示す模式図。

【図 7】 本発明の第 3 の実施の形態に係るエッジ位置ずれ量の算出プログラムの概略を示すフローチャート。

【図 8】 従来エッジ位置ずれ量の算出方法を説明するための図。 50

【図9】 従来のエッジ位置ずれ量の算出手順を示すフローチャート。

【図10】 Hopkinsの部分コヒーレント結像式の計算手順を示すフローチャート。

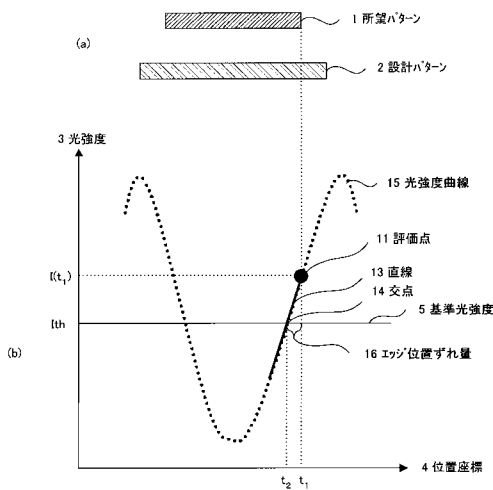
【符号の説明】

- 1、4 1 所望パターン
- 2、4 2 設計パターン
- 3、4 3 光強度
- 4、4 4 位置座標
- 5、4 5 基準光強度
- 1 1、5 1、5 2 評価点
- 1 3、5 3 直線
- 1 4、5 4 交点
- 1 5、5 5 光強度曲線
- 1 6、5 6 エッジ位置ずれ量
- 2 1 ダークフィールドパターン
- 2 2 抜きパターン
- 3 1 ブライトフィールドパターン
- 3 2 残しパターン
- 1 0 0 エッジ位置ずれ検証システム
- 1 0 1 コンピュータ
- 1 0 2 記憶部
- 1 0 3 入力部
- 1 0 4 記憶媒体入出力部
- 1 0 5 表示部

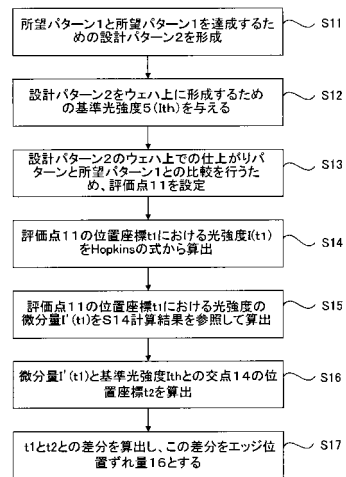
10

20

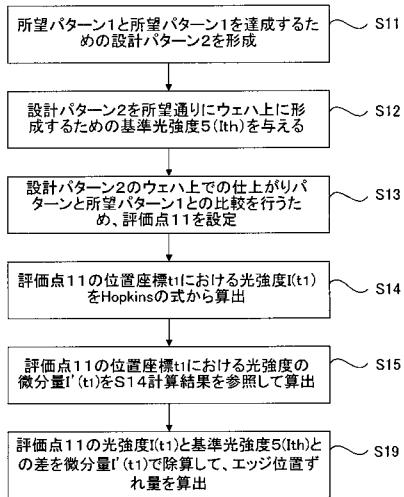
【図1】



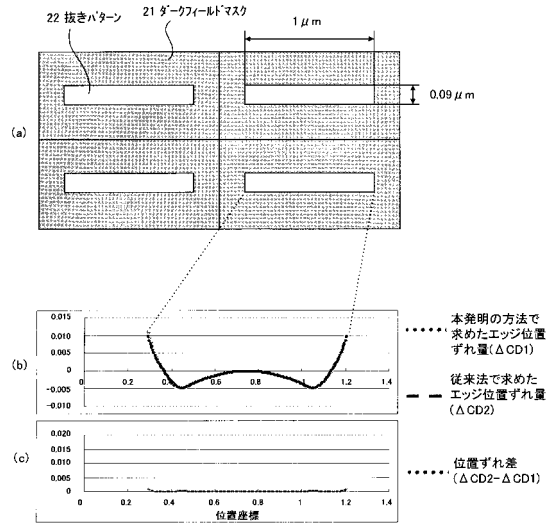
【図2】



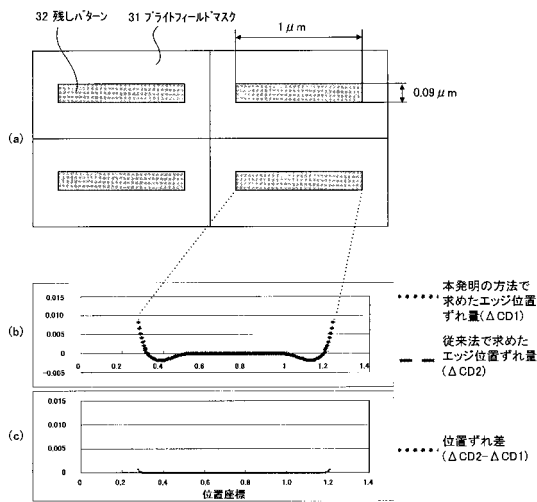
【 図 3 】



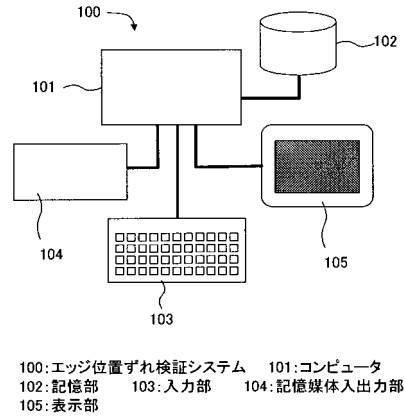
【 図 4 】



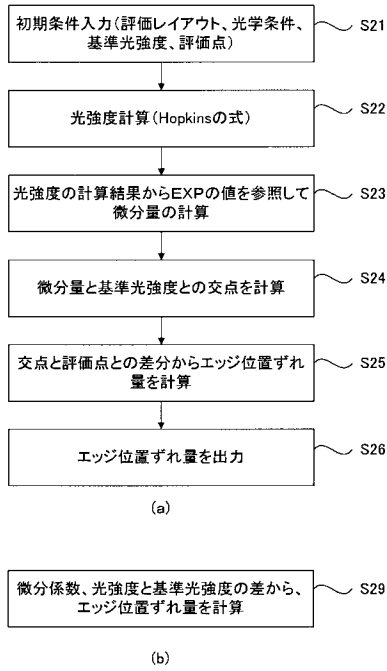
【 図 5 】



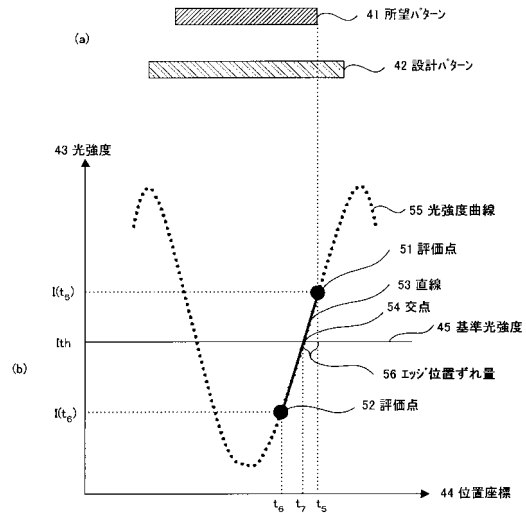
【 図 6 】



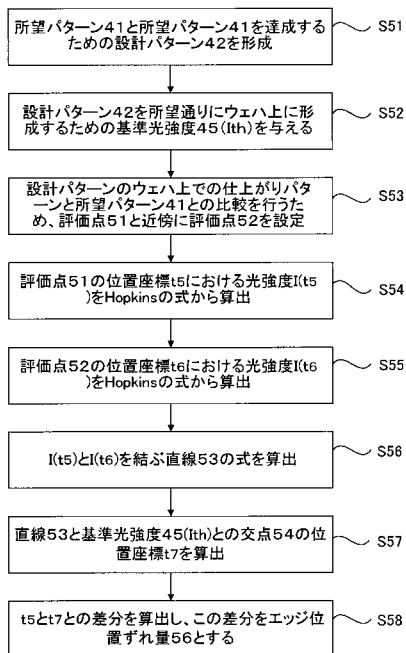
【 図 7 】



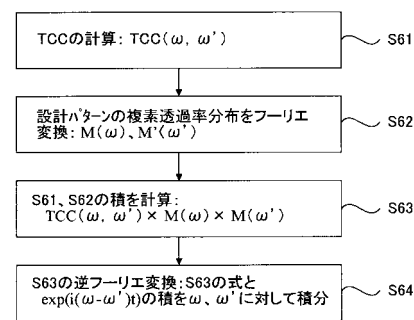
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

審査官 岩本 勉

- (56)参考文献 特開2001-255642(JP,A)
特開2000-058417(JP,A)
国際公開第01/054046(WO,A1)
特開2000-352809(JP,A)
特開昭63-304257(JP,A)
特開平10-069056(JP,A)
特開平09-034095(JP,A)
特開2002-328462(JP,A)
特開2000-162759(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/08

H01L 21/027