

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-236060  
(P2005-236060A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int.CI.<sup>7</sup>H01L 21/027  
H01L 21/66

F 1

H01L 21/30 502V  
H01L 21/66 J  
H01L 21/66 Y

テーマコード(参考)

4M106

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号  
(22) 出願日特願2004-43798 (P2004-43798)  
平成16年2月20日 (2004.2.20)

(71) 出願人 000000239  
株式会社荏原製作所  
東京都大田区羽田旭町11番1号

(71) 出願人 000003078  
株式会社東芝  
東京都港区芝浦一丁目1番1号

(74) 代理人 100089705  
弁理士 松本 一夫

(74) 代理人 100091063  
弁理士 田中 英夫

(74) 代理人 100096068  
弁理士 大塚 住江

(74) 代理人 100107696  
弁理士 西山 文俊

最終頁に続く

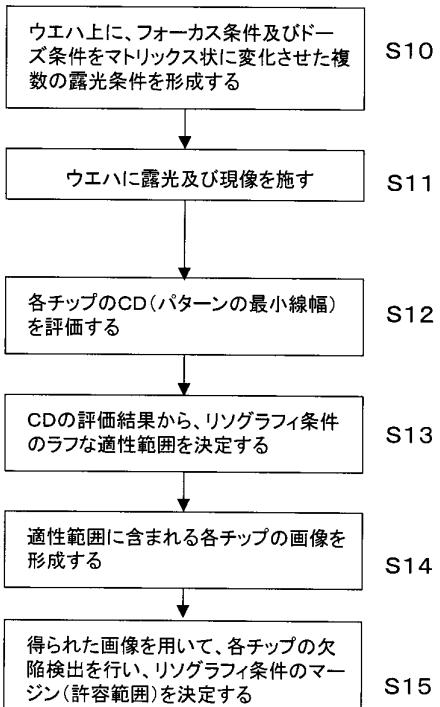
(54) 【発明の名称】リソグラフィマージン評価方法

## (57) 【要約】

【課題】リソグラフィマージンを高スループットで評価する。

【解決手段】一枚のウエハ上に、フォーカス条件とドーズ条件をマトリックス状に変化させた複数のチップを作成し(S10, S11)、作成された複数のチップの最小線幅を評価する(S12)。次いで、評価結果から、フォーカス条件とドーズ条件のラフな適切範囲を決定し(S13)、決定された適切範囲内のチップについて、欠陥検査装置を用いて画像を得る(S14)。そして、得られた画像に基づいて、フォーカス条件とドーズ条件の許容範囲を求める(S15)。欠陥検査装置は、複数のビームを試料上に合焦させ、該ビームの最大間隔より十分大きい距離にわたって、複数のビームを同時に走査し、各走査点から放出された二次電子を拡大光学系で拡大してそれぞれの複数のビームからの二次電子を検出する装置であることが好ましい。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

リソグラフィマージン評価方法において、一枚のウエハ上に、フォーカス条件とドーズ条件をマトリックス状に変化させた複数のチップを作成するステップと、

作成された複数のチップを、線幅測定器で評価するステップと、

評価結果から、フォーカス条件とドーズ条件のラフな適切範囲を決定するステップと、決定された適切範囲内のチップについて、欠陥検査装置を用いて画像を得るステップと、

得られた画像に基づいて、フォーカス条件とドーズ条件の許容範囲を求めるステップと  
からなることを特徴とするリソグラフィマージン評価方法。 10

**【請求項 2】**

請求項 1 記載のリソグラフィマージン評価方法において、欠陥検査装置は、複数のビームを試料上に合焦させ、該ビームの最大間隔より十分大きい距離にわたって、複数のビームを同時に走査し、各走査点から放出された二次電子を拡大光学系で拡大してそれぞれの複数のビームからの二次電子を、対物レンズを通過後、 $E \times B$  分離器で検出器の方向に偏向して検出する装置であることを特徴とするリソグラフィマージン評価方法。

**【請求項 3】**

請求項 2 記載のリソグラフィマージン評価方法において、欠陥検査装置は、空間電荷制限条件で動作する單一カソード電子銃から放出される電子線を、第 1 の軸方向へ投影した場合の相互間隔が等間隔の開口で複数のビームとし、走査方向は第 1 の軸方向と直交する方向であり、第 1 の軸方向へは試料台を連続移動させながら欠陥検出を行う装置であることを特徴とするリソグラフィマージン評価方法。 20

**【請求項 4】**

請求項 3 記載のリソグラフィマージン評価方法において、欠陥検査装置は、走査に同期して、一次電子線または二次電子線の収差を低減する手段を備えていることを特徴とするリソグラフィマージン評価方法。

**【請求項 5】**

請求項 2 記載のリソグラフィマージン評価方法において、上記欠陥検査装置は、複数の光軸を一枚の試料上に有することを特徴とするリソグラフィマージン評価方法。 30

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、 $0.1 \mu m$ 以下の線幅のパターンを形成する場合のリソグラフィマージンを高スループットで評価する方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

リソグラフィマージンを評価するため、従来フォーカス条件とドーズ条件をマトリックス状に変化させたチップを作成し、CD 测定器で線幅を評価することによってマージンを評価していた。なお、CD は、パターンの最小線幅を表している。 40

**【発明の開示】****【発明が解決しようとする課題】****【0003】**

CD が $0.1 \mu m$ 以下になり、光近接効果補正が必要な層では、単に CD 测定を行ったのみではリソグラフィ条件の最適条件を探すのが困難になり、それにも増して、リソグラフィマージンを評価するのは困難になってきている。そして、欠陥検査装置で設計通りの望ましいパターンになっているかどうかを評価しようとすると、非常に長時間を要するようになっている。

本発明は、このような従来例の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高スループットで高信頼性の欠陥検査装置を使うことにより、リソグラフィマージンを高スル 50

ーブットで評価することができる方法を提供することである。

**【課題を解決するための手段】**

**【0004】**

上記した目的を達成するために、本発明のリソグラフィマージン評価方法においては、一枚のウエハ上に、フォーカス条件とドーズ条件をマトリックス状に変化させた複数のチップを作成するステップと、

作成された複数のチップを、線幅測定器で評価するステップと、

評価結果から、フォーカス条件とドーズ条件のラフな適切範囲を決定するステップと、決定された適切範囲内のチップについて、欠陥検査装置を用いて画像を得るステップと

、得られた画像に基づいて、フォーカス条件とドーズ条件の許容範囲を求めるステップとからなることを特徴としている。

**【0005】**

上記した本発明に係るリソグラフィマージン評価方法において、欠陥検査装置は、複数のビームを試料上に合焦させ、該ビームの最大間隔より十分大きい距離にわたって、複数のビームを同時に走査し、各走査点から放出された二次電子を拡大光学系で拡大してそれぞれの複数のビームからの二次電子を、クロストーク少なく検出する装置であることが好ましい。このような欠陥検出装置として、空間電荷制限条件で動作する単一カソード電子銃から放出される電子線を、第1の軸方向へ投影した場合の相互間隔が等間隔の開口で複数のビームとし、走査方向は第1の軸方向と直交する方向であり、第1の軸方向へは試料台を連続移動させながら欠陥検出を行うよう構成され、さらに、走査に同期して、一次電子線または二次電子線の収差を低減する手段を備えていることが好ましい。また、欠陥検査装置は、複数の光軸を一枚の試料上に有することが好ましい。

**【発明の効果】**

**【0006】**

本発明は、以上のように構成されているので、リソグラフィの許容範囲（マージン）を高精度及び高スループットで評価することができる。

**【発明の実施の形態】**

**【0007】**

図1は、本発明のリソグラフィマージン評価方法を説明するためのフローチャートであり、図2は、該評価方法において、焦点条件及びドーズ条件をマトリックス状に変化させた場合のウエハの模式的平面図である。

図1に示すように、本発明のリソグラフィマージン評価方法においては、まず、ステップS10において、一枚のウエハ上に、フォーカス条件とドーズ条件をマトリックス状に変化させることにより、リソグラフィ条件をそれぞれ異ならせた複数のチップを設定する。このステップS10においては、ArFレーザによるリソグラフィ装置を用いて、一枚のウエハ1上に、図2に示すように、X軸方向へは焦点条件を左から順に、0.4μmオーバフォーカス、0.2μmオーバフォーカス、ジャスト(0)フォーカス、0.2μmアンダーフォーカスの条件とし、Y軸方向は、上からドーズを0.85、0.9、0.95、1.0、1.05、1.1（任意単位）に変化させて、リソグラフィ条件をマトリックス状に異ならせたチップC12-C14、C21-C25、C31-C35、C41-C45、C51-C55、及びC62-C64を形成する。

上記したフォーカス条件及びドーズ条件は、単なる一例であって、本発明が上記条件に制限されるものではないことは勿論である。

**【0008】**

レチカルは光近接効果補正を行い、超解像レンズを用い、あるいは位相シフトマスクを用いているので、実際に露光を行わないと、レチカルから望ましいパターンを予想するには困難である。

そこで、ステップS11において、ウエハ1を露光及び現像を行い、そしてステップS12において、CD測定器によって各チップを評価する。このステップS12においては

、チップ当たり 5 点について、CD (= パターンの最小線幅) を測定する。次いで、ステップ S 1 3 において、CD 測定の評価結果から、リソグラフィ条件 (フォーカス条件及びドーズ条件) のラフな適性範囲を決定する。

#### 【 0 0 0 9 】

図 2 に示したフォーカス条件及びドーズ条件の場合、実機テストを行ったところ、図 2 の上方の 3 つのチップ C 1 2 - C 1 4 と左の 4 つのチップ C 2 1 、 C 3 1 、 C 4 1 、及び C 5 1 では、線幅が小さすぎて不適であり、右下の 6 のチップ C 4 5 、 C 5 4 、 C 5 5 、 C 6 2 - C 6 4 は、線幅が大きすぎて不適であることがわかった。これらの線幅の適切でないチップを、図 2 中にハッチングで示した。

#### 【 0 0 1 0 】

そして、ステップ S 1 4 に進んで、ラフな適性範囲に含まれるチップについて、欠陥検査装置を用いて、各チップの画像を生成し、ステップ S 1 5 において、得られた画像に基づいて、設計パターンとの比較を行い、設計パターンとの差が規定量を超えた場所を欠陥と定義する。そして、欠陥の少ない条件を、リソグラフィ条件の許容範囲 (マージン) として決定する。

ステップ S 1 4 及び S 1 5 においては、各チップの 1 ストライプ分の欠陥を検査する。この検査では、X 軸方向には  $100 \mu\text{m}$  幅、Y 軸方向にはチップ寸法分の欠陥検査を行い、ゴミ等のリソグラフィ条件とは無関係な欠陥と、光近接効果補正の不足や過剰、超解像レンズを用いることによる異常パターン発生の有無、位相シフトマスクを用いることによる変形等の有無等のリソグラフィ条件に関係する欠陥とを区別する。

#### 【 0 0 1 1 】

上記したリソグラフィ条件の場合、実機テストを行ったところ、図 2 中に印を付したチップ C 3 2 、 C 3 3 、 C 4 2 、 C 4 3 、 C 5 2 及び C 5 3 については、リソグラフィ条件に関係する欠陥がなかったチップであり、したがって、リソグラフィマージンとしては、ジャストフォーカス及び  $0.2 \mu\text{m}$  オーバフォーカスによるものが良好であり、ドーズマージンとしては、 $0.95 \sim 1.05$  の範囲によるものが良好であった。

#### 【 0 0 1 2 】

図 3 は、上記したステップ S 1 3 における欠陥検査に用いた欠陥検査装置の一実施形態を示している。この欠陥検査装置においては、先端曲率半径が  $40 \mu\text{m}$  の Lab<sub>6</sub> カソード 2 1 から放出される電子線をコンデンサレンズ 2 2 で集束し、NA 開口 2 4 にクロスオーバを作成する。コンデンサレンズ 2 2 の下には、マルチビームを生成するためのマルチ開口板 2 3 が配置されている。マルチ開口板 2 3 には、複数の開口 3 2 、 3 3 が形成されており、これら開口は、図 4 に示すように、Y 軸上に投影した場合の間隔が等間隔でかつ一定値以上離間するように設定されている。また、マルチ開口板 2 3 の開口 3 2 、 3 3 は、中心輝度の 90 % 以上の軸外輝度に対応する円 3 1 (図 4 ) 内に形成されている。マルチ開口板 2 3 の各開口により形成されたビームは、縮小レンズ 2 5 と対物レンズ 2 6 とで縮小され、ウエハ 1 上にマルチビームを細く絞った状態で照射される。

#### 【 0 0 1 3 】

ウエハ 1 上でマルチビームが走査されるが、図 4 中で参考番号 3 4 で示したように X 軸方向に走査し、1024 ピクセルまたは 2048 ピクセル分の走査を行った。この走査は、偏向器 3 6 、 2 8 を用い、対物レンズ 2 6 のすぐ上の、収差が最小になる位置を偏向支点として偏向することによって行った。E × B 分離器 2 9 、 3 0 はマルチ開口 2 3 の共役点ではない位置に配置され、偏向色収差を小さくするため、電磁偏向器 3 5 でプレ偏向を行い、E × B 分離器 2 9 、 3 0 で振り戻し、軌道 4 3 すなわち対物レンズ 2 6 の正面近傍で光軸と交わるよう偏向し、ウエハ 1 に入射させた。走査方向と E × B 分離器の電場 E による偏向方向は互いに直交する方向とした。ウエハ 1 上のマルチビーム照射点から放出された二次電子は、ウエハ 1 の面に印加された負電圧と対物レンズ 2 6 に印加された正電圧とにより生成される加速電界で加速され、 $\pm 90^\circ$  以内の方向に放出された二次電子は細く集束され、対物レンズ 2 6 で曲げられ、E × B 分離器 2 9 、 3 0 で偏向されて二次光学系に入射する。

10

20

30

40

50

## 【0014】

二次光学系では、ウエハ1から放出された二次電子は、拡大レンズ37、39、40で拡大され、MCP42で増倍され、その直後に配置されたマルチアノード44に流れ、抵抗45で電圧すなわち電気信号に変換される。得られた電気信号は、マルチ増幅器46で増幅され、A/Dコンバータ47でデジタル信号に変換され、画像形成回路48でウエハ1の表面の画像が形成される。

## 【0015】

図5は、本発明の第2の実施形態の欠陥検査装置の概略図を示す。電子銃51はダブルアノード構造を有し、カソードはLaB<sub>6</sub>の先端曲率半径20μmRの形状である。第1アノードを正の高電圧とすることで、高輝度を得ている。この電子銃は、空間電荷制限条件で動作させることにより、ショット雑音を、ショットキーカソード電子銃の場合に比較して、1/4以下にできる。したがって、1/16のビーム電流を照射することにより、同一のクロック周波数で同程度のS/N比の信号が得られる。

## 【0016】

図5に示した欠陥検査装置において、電子銃から照射された電子線は、コンデンサレンズ52で集束され、NA開口54上にクロスオーバを作る。ビーム成形開口板53の開口を正方形とすることにより、ビーム電流を2~30%程度同じビーム寸法に対して増加することができる。開口板53で正方形にされたビームは、縮小レンズ55と対物レンズ61とで縮小され、ウエハ1に細いビームを作る。ビームは、ウエハ1の面上に、静電偏向器56とE×B分離器中の静電偏向器59とにより、高速走査される。E×B分離器は、電場による偏向量が磁場による偏向量の-1/2倍であるので、一次ビームは磁場による偏向量の1/2だけ偏向される。その場合も、レンズ中心を通るように、電磁偏向器57でプリ偏向を行う。

## 【0017】

E×B分離器による偏向角 $\theta$ は、二次電子の偏向量 $3\theta'$ の1/3以下であるので、対物レンズ61への斜入射の問題や、ウエハ1上でわずかに光軸から離れた場所を走査する問題は、ほとんど生じない(すなわち、図5に示した $\theta$ が小さい)。ただし、E×B分離器で偏向される方向は、走査方向と直交する方向としたほうがよい。E×B分離器で一次光学系から分離された二次電子は、光軸から十分遠くへ配置された二次電子検出器63で検出され、そして、画像形成回路64でウエハ表面の像が形成される。これにより、レジストパターンとSi基板やSiO<sub>2</sub>下地との二次電子放出率の差によって生じるパターンが得られる。

## 【0018】

得られたパターンは、欠陥判定装置65において、望ましいパターンすなわち設計パターンと比較され、これらの差から欠陥が検出される。欠陥判定装置65は、例えば、設計パターンと測定パターンとの差の部分の面積を演算し、得られた面積が所定値以上の場合に、欠陥として判定する。図6は、設計パターン(実線)と測定されたパターン(点線)とを重ね合わせの状態で表示している。図5において、斜線で表した部分67~70は、設計パターンと測定パターンとの差を示している。欠陥判定装置65では、例えば、面積が小さい部分68及び69は欠陥として判定しないが、面積が大きい部分67及び70は欠陥として判定する。

このような欠陥判定方法は、図3に示した欠陥検査装置においても同様に行うことができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】本発明のリソグラフィマージン評価方法を説明するためのフローチャートである。

【図2】図1に示したリソグラフィマージン評価方法のステップにおいて形成される、リソグラフィ条件をマトリックス状に変化させた場合のウエハの模式図である。

【図3】本発明のリソグラフィマージン評価方法で使用可能な第1の実施形態の欠陥検査

10

20

30

40

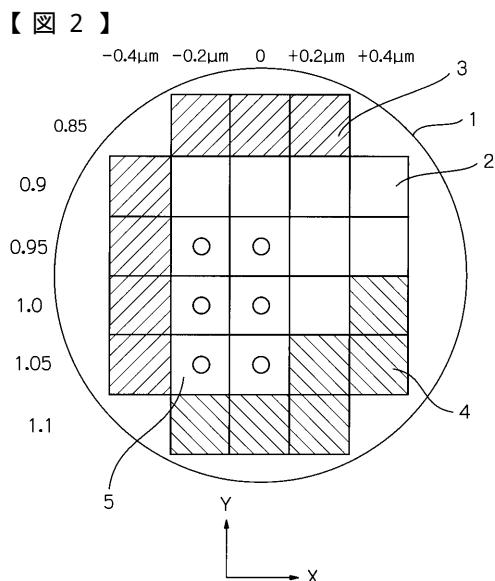
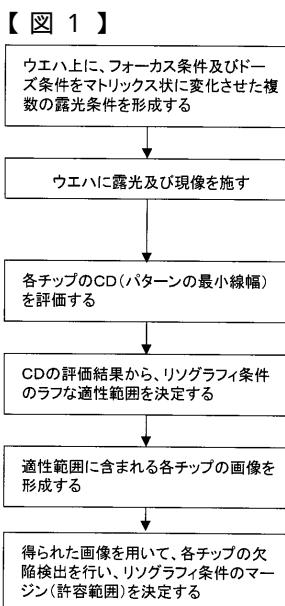
50

装置を示す概略図である。

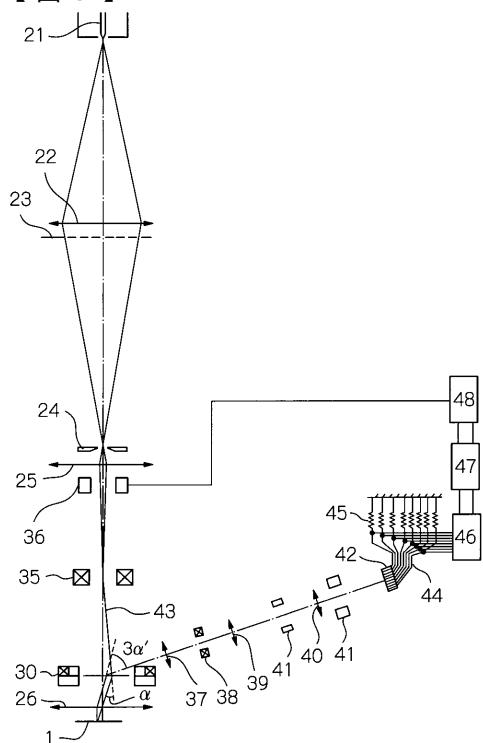
【図4】図3に示した欠陥検査装置における複数の一次ビームの位置関係及び走査方向を説明するための図である。

【図5】本発明のリソグラフィマージン評価方法で使用可能な第2の実施形態の欠陥検査装置を示す概略図である。

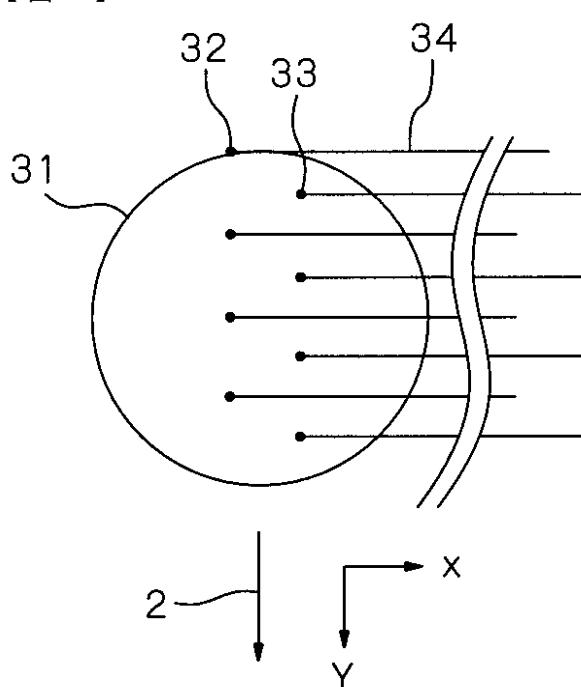
【図6】本発明のリソグラフィマージン評価方法において実行される欠陥部位の判定を説明するための図である。



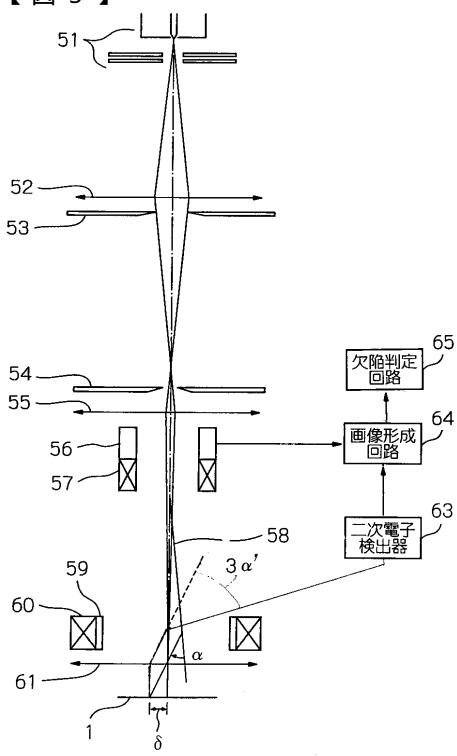
【図3】



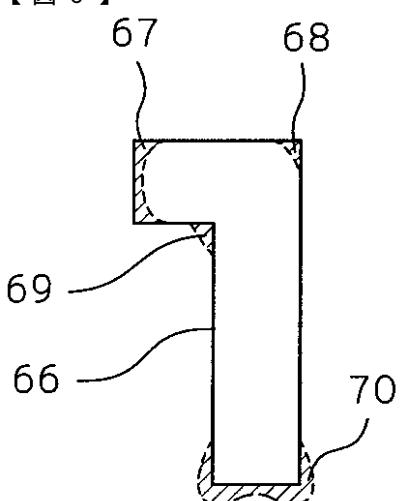
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中筋 譲

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内

(72)発明者 佐竹 徹

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内

(72)発明者 野路 伸治

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社荏原製作所内

(72)発明者 山崎 裕一郎

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 長濱 一郎太

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

F ターム(参考) 4M106 AA01 AA02 AA07 AB17 BA02 BA05 CA39 DB05 DB12 DB30

DH33 DJ20