

(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2004-287321

(P2004-287321A)

(43) 公開日 平成16年10月14日(2004. 10. 14)

(51) Int. Cl.⁷

G03F 1/08
G01N 13/16
H01J 37/305
H01L 21/027

F I

G03F 1/08 W
G03F 1/08 V
G01N 13/16 A
H01J 37/305 A
H01L 21/30 5O2P

テーマコード (参考)

2H095
5C034

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2003-81987 (P2003-81987)

(22) 出願日 平成15年3月25日 (2003. 3. 25)

(71) 出願人 503460323

エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社
千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

(74) 代理人 100079212

弁理士 松下 義治

(72) 発明者 高岡 修

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 セ
イコーインスツルメンツ株式会社内

Fターム(参考) 2H095 BD32 BD33 BD36

5C034 BB07

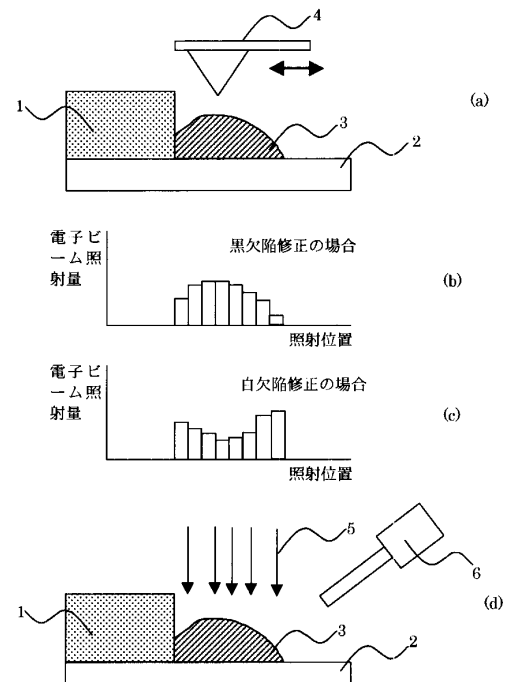
(54) 【発明の名称】 フォトマスクの欠陥修正方法

(57) 【要約】

【課題】電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置で欠陥の3次元的形状に応じた加工が行えるようにし、高精度かつ高品位なマスクの欠陥修正を可能にする。

【解決手段】原子間力顕微鏡による欠陥の3次元計測と形状シミュレーションとを組み合わせることで欠陥修正に必要な電子ビーム照射量分布を求め、計算された照射量分布に従って、ガス銃6から黒欠陥修正時にはエッチングガスを供給しながら、白欠陥修正時には遮蔽膜原料ガスを供給しながら、電子ビーム5の選択的走査を行って欠陥3の高精度かつ高品位な欠陥修正を行う。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置と原子間力顕微鏡を複合した装置によるマスク欠陥修正であって、原子間力顕微鏡で高さ情報も含めた欠陥情報を取得し、該取得した情報から修正すべき 3 次元的な形状を導出し、シミュレーションにより、上記形状となるような電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置での電子ビーム照射量分布を求め、該求めた照射量分布に従って電子ビーム修正装置で欠陥を修正することを特徴とするマスクの欠陥修正方法。

【請求項 2】

請求項 1 記載のマスクの欠陥修正方法において、加工の途中で修正中の欠陥の原子間力顕微鏡による 3 次元の欠陥情報を取得し、その情報に基づいてシミュレーションによる電子ビーム照射量分布計算をやり直し、電子ビーム照射分布にフィードバックをかけて加工することを特徴とするマスクの欠陥修正方法。 10

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載のマスクの欠陥修正方法において、白欠陥修正に必要なデポジション膜をガウシアン分布の重ね合わせと見なしてシミュレーションを行い、修正時の電子ビーム照射量分布を求めることを特徴とするマスクの欠陥修正方法。

【請求項 4】

請求項 1 または 2 記載のマスクの欠陥修正方法において、黒欠陥のエッチングすべき形状をガウシアン分布の重ね合わせと見なしたシミュレーションから修正に必要な電子ビーム照射量分布を求めることを特徴とするマスクの欠陥修正方法。 20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は電子ビームを用いたフォトマスクまたはレチクルの欠陥修正方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

S i 半導体集積回路の微細化はめざましく、それに伴って転写に用いるフォトマスクまたはレチクル上のパターン寸法も微細になってきている。縮小投影露光装置はこの要請に対して高 N A 化と短波長化で対応してきた。微細化の前倒しが求められる現在では、縮小投影露光装置はそのまま、解像力と焦点深度を向上させるために、超解像技術の一種である位相シフトマスクも用いられるようになってきている。フォトマスクまたはレチクル上に欠陥が存在すると、欠陥がウェーハに転写されて歩留まりを減少する原因となるので、ウェーハにマスクパターンを転写する前に欠陥検査装置によりフォトマスクまたはレチクルの欠陥の有無や存在場所が調べられ、欠陥が存在する場合にはウェーハへ転写する前に欠陥修正装置により欠陥修正処理が行われている。上記のような技術的な趨勢により、フォトマスクまたはレチクルの欠陥修正にも小さな欠陥への対応が求められている。液体金属 G a イオン源を用いた集束イオンビーム装置は、その微細な加工寸法によりレーザーを用いた欠陥修正装置に代わりマスク修正装置の主流になってきている。上記のイオンビームを用いた欠陥修正装置では、白欠陥修正時には表面に吸着した原料ガスを細く絞ったイオンビームが当たった所だけ分解させて薄膜を形成し (F I B - C V D)、また黒欠陥修正時には集束したイオンビームによるスパッタリング効果またはアシストガス存在下で細く絞ったイオンビームが当たった所だけエッチングする効果を利用して、高い加工精度を実現している (特許文献 1 参照)。 30 40

【0003】

【特許文献 1】

特開平 03-015068 号公報 (第 2-3 頁)

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

最近ではKrF（波長248nm）やArF（波長193nm）などのDUV光からF2（波長157nm）のVUV光へといった縮小投影露光装置の露光波長の短波長化の進展に伴い、集束イオンビームのGaのガラス基板への注入による透過率の低下が今まで以上に問題にされるようになってきた。

従来のCrバイナリマスクでは、二次電子像でCrとガラス基板の二次電子の材料コントラスト差を利用して、エッチングの終点検出を行っていた。解像力と焦点深度を向上させるために導入されたMoSiON、TaSiO、ZrSiO等のハーフトーンマスク材料では、Crよりもガラス基板との二次電子の材料コントラスト差がつかないものもあり、欠陥の三次元的形状に応じた電子ビーム照射量の細かい制御が必要になってきている。ガラス掘り込み型のレベソソマスクに関してはガラス基板そのものを掘りこんで作製されているため、二次電子の材料コントラスト差で終点検出を行うことは原理的に不可能で、欠陥の3次元形状に応じた電子ビーム照射量の細かい制御が必要になってきている。 10

【0005】

従来のCrバイナリマスクの膜厚不足の白欠陥（ハーフトーン欠陥）は、凹凸があっても必要とされる以上の膜厚の遮光膜を形成することで修正されてきた。しかし、ハーフトーン材料のマスクでは膜厚にばらつきがあっても修正個所の透過率を一定にする必要がある。凹凸があっても必要とされる透過率の遮光膜を堆積するために3次元的な電子ビーム照射量の細かい制御を伴った電子ビームCVDが必要になってきている。

【0006】

そこで、本願発明は上記問題点を解決し、電子ビーム欠陥修正装置で欠陥の3次元形状に応じた加工が行えるようにし、高精度かつ高品位なマスクの欠陥修正を可能にしようとするものである。 20

【0007】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために本願発明においては、電子ビームを用いてマスク欠陥修正を行う。その際、原子間力顕微鏡による3次元計測と形状シミュレーションとを組み合わせ、欠陥修正に必要な電子ビーム照射量分布を求め、計算された照射量分布に従って電子ビームの選択的走査を行って欠陥を修正する。シミュレーションと実際の加工のずれを補正するために、加工中に加工を中断し、加工中の欠陥に対して原子間力顕微鏡による3次元計測を行い、黒欠陥もしくは白欠陥のそれぞれの場合に対応する修正すべき3次元形状を求め、その形状が実現するような電子ビームの照射量分布を計算し直して、電子ビームによる修正加工を再開することを繰り返して高精度かつ高品位な欠陥修正を行う。 30

【0008】

ハーフトーン欠陥のような白欠陥修正に関しては、FIB-CVDで形成されるデポジション膜は電子ビームのビームプロファイルに強く依存し、電子ビームのテール部分の効果によるハロー成分以外は、原子間力顕微鏡測定などからその形状はガウシアン分布の重ね合わせと見なすことができることが知られている。デポジション膜はガウシアン分布の重ね合わせと近似して形状シミュレーションを行い、原子間力顕微鏡観察から求めた修正すべき3次元形状が実現できるような電子ビームの照射量分布を求める。黒欠陥修正に関しても、エッチングされる形状がガウシアン分布の重ね合わせと近似して形状シミュレーションを行い、原子間力顕微鏡観察から求めた修正すべき3次元形状が実現できるような電子ビームの照射量分布を求める。 40

【0009】

【作用】

原子間力顕微鏡による3次元計測を行うことにより、エッチング必要な3次元的な領域が把握でき、ガウシアン分布の重ね合わせとしてシミュレーションで電子ビームの照射分布を求めて加工することで、終点検出が難しい材料のマスクであっても削り残しやオーバーエッチングのない黒欠陥修正が行える。シミュレーションと実際の加工結果がずれていても、加工途中で加工を止めて原子間力顕微鏡による3次元計測を行い、その形状でシミュレーションをし直して電子ビームの照射分布を求めて再び加工を開始することを繰り返す 50

ことにより、精度の高い黒欠陥修正が行える。

【00010】

ハーフトーンマスクの膜厚不足による凹凸がある白欠陥に対しても、原子間力顕微鏡による3次元計測を行って必要とされる透過率を得るための膜厚分布を求め、その膜厚分布を実現するのに必要なイオンビーム照射量分布をシミュレーションで求めて加工すれば、凹凸がある膜厚不足白欠陥の修正個所の透過率を一定にした欠陥修正を行うことができる。シミュレーションと実際の加工結果がずれていても、加工途中で加工を止めて原子間力顕微鏡による3次元計測を行い、その形状でシミュレーションをし直して電子ビームの照射分布を求めて再び加工を開始することを繰り返せば、精度の高い白欠陥修正が行える。

【00011】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の一実施例について説明する。

白欠陥もしくは黒欠陥を含むフォトマスクまたはレチクル11を図4に示すような原子間力顕微鏡13と電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置14を複合した装置の真空チャンバ内に導入し、欠陥検査装置の座標情報により欠陥が原子間力顕微鏡探針4の直下にくるようにXYステージ12を移動する。まず原子間力顕微鏡13により欠陥を含む領域を観察して欠陥の3次元形状を認識する(図1(a))。認識した欠陥の3次元形状から修正すべき3次元形状を求める。白欠陥修正で形成されるデポジション膜の形状は、ガウシアン分布の重ね合わせとして近似することができるので、原子間力顕微鏡観察から求めた修正すべき3次元形状が実現するような電子ビーム照射量分布を形状シミュレーションの逆問題を解く形で求める(図1(b))。黒欠陥修正の場合にも、電子ビームによるエッチング形状を、ガウシアン分布の重ね合わせと見なし、白欠陥のときと同様に原子間力顕微鏡観察から求めた修正すべき3次元形状が実現するような電子ビーム照射量分布を求める(図1(c))。次にXYステージ12を修正しようとしている欠陥が電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置14の直下に来るように移動し、チャージアップが起こらないように入射電子と二次電子がバランスする700V~1500Vの低加速電圧で電子ビームを走査して二次電子検出器15で二次電子16を検出して欠陥を含む領域の二次電子像観察を行い欠陥領域を認識し、ガス銃6から黒欠陥の場合にはフッ化キセノンのような電子ビームが照射された部分のみエッチングできるガスを、白欠陥の場合にはナフタレンやフェナントレンのような遮光膜原料ガスを流しながら、原子間力顕微鏡観察から求めた修正すべき3次元形状が実現できるような電子ビーム照射量分布になるように選択的な走査を行って欠陥を修正する(図1(d))。また、電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置14での欠陥認識や加工時に、チャージアップを防止するために、電荷中和用Arイオン銃17のAr⁺イオンビーム18を照射し、電子ビーム5の電荷を中和しても良い。

【0012】

ハーフトーンマスクの膜厚不足による凹凸がある白欠陥に対して、原子間力顕微鏡による3次元計測を行って必要とされる透過率を得るための膜厚分布を求め、その膜厚分布を実現するのに必要な電子ビーム照射量分布をシミュレーションで求めて加工しているので、凹凸がある膜厚不足白欠陥の修正個所の透過率を一定にした欠陥修正を行うことができる。黒欠陥修正に対しては、原子間力顕微鏡による欠陥の3次元計測を行うことにより、エッチング必要な3次元形状の領域が把握でき、ガウシアン分布の重ね合わせとしてシミュレーションで電子ビームの照射分布を求めて加工することで、終点検出が難しい材料のマスクであっても削り残しやオーバーエッチングのない黒欠陥修正が行える。

【0013】

また上記実施例の欠陥修正手順において、黒欠陥もしくは白欠陥修正加工中に加工を中断し、フォトマスクまたはレチクル11と搭載したXYステージ12を原子間力顕微鏡13の位置に移動し、加工中の欠陥に対して原子間力顕微鏡13による3次元計測を行い(黒欠陥修正の場合:図2(d)、白欠陥修正の場合:図3(d))、黒欠陥もしくは白欠陥のそれぞれの場合で修正すべき3次元形状を求め、その形状が実現するような電子ビーム

10

20

30

40

50

の照射量分布を計算し直す（黒欠陥修正の場合：図 2（e）、白欠陥修正の場合：を図 3（e））。フォトマスクまたはレチクル 11 と搭載したステージ 12 を電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置 14 の位置に戻して修正加工を再開し（黒欠陥修正の場合：図 2（f）、白欠陥修正の場合：を図 3（f））、シミュレーションと実際の形状のずれが小さくなるようにすれば、更に高精度かつ高品位な欠陥修正を行うことができる。本願発明においては、電子ビームにより、フォトマスクの欠陥修正を行なっている。白欠陥に関しては、例えば、フェナントレンやナフタレンを原料ガスとして電子ビーム CVD で遮光膜を形成して修正する。また、黒欠陥に関しては、例えばフッ化キセノンを流しながら電子ビームを欠陥部分のみに選択照射して Cr や Mo Si の黒欠陥部分を除去する。ガラスに関しても、フッ化キセノンを流しながら電子ビームを欠陥部分のみに選択照射して除去する。

10

【0014】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、原子間力顕微鏡による形状観察からシミュレーションで必要な電子ビームの照射分布を求めて電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置で加工することで、欠陥の 3 次元的形状に応じた加工ができるので、高精度かつ高品位なマスクの欠陥修正を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の特徴を最も良く表す概念図である。

【図 2】黒欠陥修正の途中でフィードバックをかける場合を説明する概念図である。

20

【図 3】白欠陥修正の途中でフィードバックをかける場合を説明する概念図である。

【図 4】実施例を説明するための概念図である。

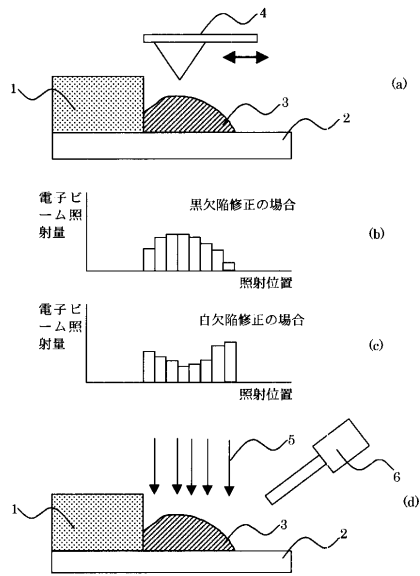
【符号の説明】

- 1 … 正常パターン
- 2 … ガラス基板
- 3 … 黒欠陥もしくは白欠陥（ハーフトーン欠陥）
- 4 … 原子間力顕微鏡探針
- 5 … 電子ビーム
- 6 … ガス銃
- 7 … エッチングガス供給用ガス銃
- 8 … 修正途中の黒欠陥
- 9 … 遮蔽膜原料ガス供給用ガス銃
- 10 … 堆積途中の遮蔽膜
- 11 … フォトマスクまたはレチクル
- 12 … XY ステージ
- 13 … 原子間力顕微鏡
- 14 … 電子ビームを用いたフォトマスク欠陥修正装置
- 15 … 二次電子検出器
- 16 … 二次電子
- 17 … 電荷中和用 Ar イオン銃
- 18 … Ar⁺ イオンビーム

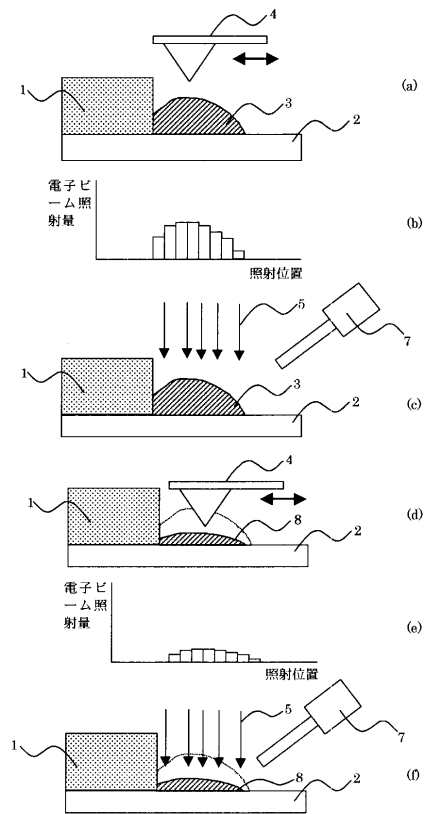
30

40

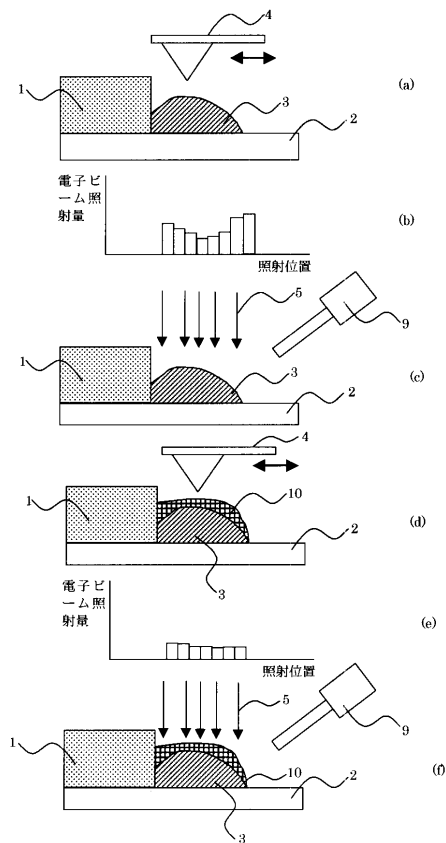
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

