(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2005-309140
(P2005-309140A)
(43)公開日　平成17年11月4日(2005.11.4)

(51)Int.Cl.[7]	F I		テーマコード（参考）
G03F 1/08	G03F 1/08	S	2H095
H01L 21/027	H01L 21/30	502P	

審査請求 未請求　請求項の数 8　OL　（全 21 頁）

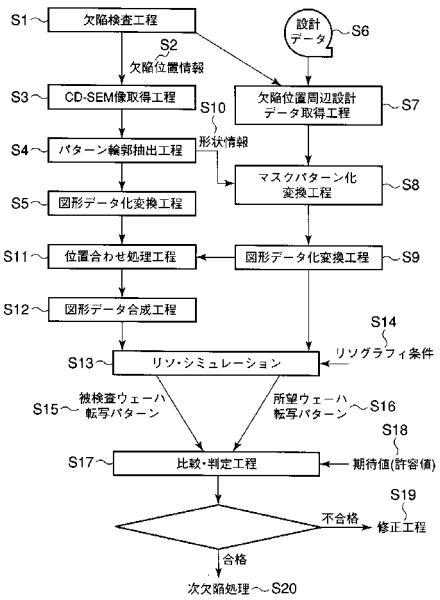
(21)出願番号　特願2004-126795 (P2004-126795)
(22)出願日　平成16年4月22日 (2004.4.22)

(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　100058479
弁理士　鈴江　武彦
(74)代理人　100091351
弁理士　河野　哲
(74)代理人　100088683
弁理士　中村　誠
(74)代理人　100108855
弁理士　蔵田　昌俊
(74)代理人　100084618
弁理士　村松　貞男
(74)代理人　100092196
弁理士　橋本　良郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】フォトマスク製造方法、フォトマスク欠陥修正箇所判定方法、及びフォトマスク欠陥修正箇所判定装置

(57)【要約】
【課題】フォトマスク上の欠陥が基板へ転写されたときの影響度を見積もる際の精度の向上を図るフォトマスク製造方法を提供すること。
【解決手段】フォトマスク上に形成されたパターンの欠陥を検出し（Ｓ１）、欠陥を包括する第１の領域のパターン画像を取得し（Ｓ３）、このパターン画像からパターン輪郭抽出データを取得し（Ｓ４）、パターン輪郭抽出データとフォトマスク上の画素サイズとを基に第１の図形データを生成し（Ｓ５）、フォトマスクの設計データから、第１の領域を含む第２の領域に対応するパターンデータを取得し（Ｓ８）、このパターンデータから第２の図形データを生成し（Ｓ９）、第１の図形データと第２の図形データが重なる領域においてのみ、第２の図形データを第１の図形データに置き換えて第３の図形データを生成し（Ｓ１２）、第２の図形データと第３のデータが表すパターン形状の各転写パターンを生成し（Ｓ１３）、これら転写パターンを比較して欠陥を修正する必要があるか否かを判定する（Ｓ１７）。
【選択図】　図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
フォトマスク上に形成されたパターンの欠陥を検出する工程と、
前記欠陥を包括する前記フォトマスク上の第１の領域のパターン画像を取得する工程と、
取得したパターン画像からパターン輪郭を抽出してパターン輪郭抽出データを取得する工程と、
前記パターン輪郭抽出データと前記フォトマスク上の画素サイズとを基に第１の図形データを生成する工程と、
前記フォトマスクの設計データから、前記第１の領域を含む第２の領域に対応するパターンデータを取得する工程と、
取得したパターンデータから第２の図形データを生成する工程と、
前記第１の図形データと前記第２の図形データが重なる領域においてのみ、前記第２の図形データを前記第１の図形データに置き換えて第３の図形データを生成する工程と、
前記第２の図形データと前記第３のデータが表すパターン形状の転写パターンをそれぞれ生成する工程と、
これら転写パターンを比較して前記欠陥を修正する必要があるか否かを判定する工程とを、
有することを特徴としたフォトマスク製造方法。
【請求項２】
前記第１の領域のパターン画像は、走査型電子顕微鏡により取得することを特徴とする請求項１に記載のフォトマスク製造方法。
【請求項３】
前記第３の図形データを生成する工程の前に、
前記第１の図形データと前記第２の図形データとで共通する領域における任意数の任意位置のパターンエッジを選択し、前記第１の図形データの前記パターンエッジと前記第２の図形データの前記パターンエッジとの水平方向及びそれと直行する方向の各距離の差が最小になるように、前記第１の図形データと前記第２の図形データの水平方向及びそれとは直行する方向の各位置を調整する工程を有することを特徴とする請求項１に記載のフォトマスク製造方法。
【請求項４】
前記第３の図形データを生成する工程の前に、
前記第１の図形データにおける任意数の任意位置の互いに並行するパターンエッジの対を選択し、前記パターンエッジの対の間の距離と、前記パターンエッジの対に対応する前記第２の図形データにおけるパターンエッジの対の間の距離との差を求め、この差分だけ前記第２の図形データのパターンの太さを増減する工程を有することを特徴とする請求項１に記載のフォトマスク製造方法。
【請求項５】
欠陥が修正されたフォトマスクの輪郭データを得る工程と、
欠陥修正時にビームを照射した前記フォトマスクの修正領域の情報を得る工程と、
透過率及び位相の情報を与えられた前記輪郭データと、透過率及び位相の変化量の情報を与えられた前記修正領域の情報とを合成して基板への転写像を求める工程と、
前記基板への転写像から前記フォトマスクの修正箇所の合否を判定する工程と、
を有することを特徴とするフォトマスク欠陥修正箇所判定方法。
【請求項６】
前記欠陥が残留欠陥又は欠損欠陥のいずれかであることを特徴とする請求項５に記載のフォトマスク欠陥修正箇所判定方法。
【請求項７】
前記合否を判定する工程は、前記基板への転写像における修正箇所のエッジ位置が予め設定された範囲内であるか否かによって合否判定をすることを特徴とする請求項５に記載

のフォトマスク欠陥修正箇所判定方法。
【請求項８】
欠陥が修正されたフォトマスクの輪郭データを得る手段と、
欠陥修正時にビームを照射した前記フォトマスクの修正領域の情報を得る手段と、
透過率及び位相の情報を与えられた前記輪郭データと、透過率及び位相の変化量の情報を与えられた前記修正領域の情報とを合成して基板への転写像を求める手段と、
前記基板への転写像から前記フォトマスクの修正箇所の合否を判定する手段と、
を具備したことを特徴とするフォトマスク欠陥修正箇所判定装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、フォトマスク製造方法、フォトマスク欠陥修正箇所判定方法、及びフォトマスク欠陥修正箇所判定装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
大規模集積回路（ＬＳＩ）の製造における歩留り低下の一つの原因として、デバイスをフォトリソグラフィ技術で製造する際に使用するフォトマスク上のパターンが所望の形状になっていないこと、いわゆる欠陥があげられる。このためフォトマスクの製造においては、この欠陥の大きさについて許容される値を予め仕様として定め、その大きさ以上の欠陥が存在しないことを欠陥の有無を検査する工程で確認している。
【０００３】
近年、ＬＳＩのデザインルールの微細化が進む中で、フォトマスクに求められる精度も急速に高くなっており、例えば欠陥の大きさに関する仕様値も０．１μｍを下回るようなレベルになってきている。しかしながら、仕様値で定められる欠陥の大きさは、ウェハに転写するフォトリソグラフィ工程での影響度、あるいはデバイスを動作させる上での影響度を見積もる際に、最も厳しい条件を想定して規定しているのが一般的である。
【０００４】
このため、欠陥の有無を検査する工程で検出された欠陥の中には、実際にウェハに転写した場合には問題とならないものもある。ここで問題とならない場合とは、欠陥部位を含むフォトマスク上のパターンをウェハに転写したときに形成されるパターンの形状が、所望の形状に対して許容できる範囲に収まっていることである。
【０００５】
そのため、フォトマスク上で検出された欠陥がウェハに転写されたときの影響度をシミュレーションによって見積り、その欠陥が問題となる大きさなのか否かを判別することで、欠陥を修正する必要性の判断を行う手法も開発されている。
【０００６】
このようなシミュレーションの際の入力情報としては、フォトマスク用欠陥検査装置の光学画像、２次電子画像、あるいはＡＦＭ（原子間力顕微鏡）画像などがあるが、２次元的なデータの表現単位を考えた場合には、いずれの画像も有限の単位での段階的な情報しか得られない（以下、この表現単位のことを画素分解能と称する）。例えば、２次電子画像では、電子光学系の倍率と２次電子検出器のサイズとによって決まる最小の単位が画素分解能となる。
【０００７】
フォトマスク上の欠陥がウェハに転写されたときの影響度をシミュレーションによって見積もる場合には、入力情報はなるべく小さい単位であることが望ましい。近年のフォトリソグラフィでは、微細化の進展により、フォトマスク上のパターン形状を単純な矩形図形で描いていたのでは、ウェハ上で設計者が意図するようなパターンを得ることが難しくなる。そこで、フォトマスク上のパターンを細かく変化させる補正をかけて、ウェハ上のパターンが所望の形状になるようにしている場合が多い。そのため、フォトマスク上のパターンは多くの微小段差や微小図形を有するようになっており、一部では１ｎｍ単位で変

化させるような場合も起きている。

【０００８】

一方、フォトマスク上のパターンがウェハに転写されたときの影響度をシミュレーションで見積もる場合には、ある程度の領域の広さも要求される。これは、フォトマスク上のある１点を通過した光は、パターンエッジによる回折現象などにより一定範囲の広がりをもってウェハに到達するためである。そのような周囲からの影響を計算するためには、影響度を見積もろうとしている領域のパターン形状だけでなく、その周囲の領域のパターン形状も必要とされる。この必要とする周囲の領域の範囲は、パターンの形状、密度、あるいはウェハに転写する際の条件によっても異なるが、フォトマスク上で最大１６μｍの範囲と考えられる。

【０００９】

つまり、１ｎｍ程度の画素分解能で１６μｍの領域の画像を取得するという組み合わせの要求が考えられる。ここで画像を取得する装置の現状を考えると、上記の画素分解能１ｎｍで取得する画像領域が１６μｍである場合には、画像の１辺の画素数は、

１６×１０００／１＝１６０００

となるが、このように多くの画素数の画像を取得できる装置は存在しないのが実状である。

【００１０】

このような状況から従来技術では、画像として得られる領域が狭いため、画像として得られた範囲のパターンの周囲に同じパターンを繰返し発生させて、擬似的に広い領域を得てシミュレーションを行うのが一般的である。

【００１１】

このような手法は規則的にパターンが続くような領域では有効であるが、規則性の無い領域では、見積もった結果と実際の影響とに差異が生じてしまう。あるいは規則的にパターンが続くような領域でも、その端部においてはシミュレーションを行う際のパターンと実際のパターンとに差異が生じてしまうため、見積もった結果と実際の影響とに差異が生じてしまう問題があった。このような差異は、フォトマスクの製造工程において、フォトマスク上の欠陥がウェハに転写されたときの影響度をシミュレーションによって見積もって、その欠陥を修正する必要があるか否かの判定を行う場合には、無視できないものである。

【００１２】

図１８の（ａ），（ｂ），（ｃ）は、従来の手法においてシミュレーションに入力されるパターンに係る図であり、（ａ）はフォトマスク上の欠陥を含むパターンを概略的に示す図、（ｂ）は（ａ）の欠陥付近を撮影した画像から抽出されたパターンを示す図であり、（ｃ）は（ｂ）のパターンを繰返し配置することで生成した、シミュレーションに入力するパターンを示す図である。

【００１３】

図１８の（ａ），（ｂ），（ｃ）において、１ａはフォトマスク上の透過領域、１ｂは画像からの輪郭抽出データでの透過領域、２ａはフォトマスク上の遮光領域、２ｂは画像からの輪郭抽出データでの遮光領域、３ａはフォトマスク上の欠陥部位、３ｂは画像からの輪郭抽出データでの欠陥部位、４はフォトマスク上のパターン画像取得領域、５はシミュレーション入力データの必要領域、６はパターン繰返しの境界である。

【００１４】

図１８の（ａ）に示すように、シミュレーションを行おうとするフォトマスク上のパターンが半導体素子のセルパターンの端部であり、画像として得られる領域４がシミュレーションに必要な領域５よりも小さくて、図１８の（ｂ）に示すように、得られた画像に規則性の保たれる範囲のパターンしかない場合を想定する。この場合、図１８の（ｃ）に示すような、画像から得られたパターンデータを繰返し発生させる従来の方法で生成された、シミュレーションに入力するパターンは、図１８の（ａ）に示すような実際のフォトマスク上のパターンとは大きく異なるものになってしまい、シミュレーションによって求め

られる結果も誤差を生じてしまう。
【００１５】
　また、この種のフォトマスクの製造方法が特許文献１～３に開示されている。
【００１６】
　また従来、フォトマスク製造工程において、欠陥検査装置にて検出されたフォトマスク上の欠陥は欠陥修正装置にて修正され、その欠陥箇所の保証は、通常、スキャナと同じ波長の光源と光学系（ＮＡ，σ，照明条件）を持つ顕微鏡ＡＩＭＳを使って実施されている。
【００１７】
　図１９は、ＡＩＭＳの構成を示す概略図であり、ＫｒＦスキャナ向けＡＩＭＳを示している。このＡＩＭＳでは、まず、σおよび各種照明アパーチャ２０３およびＮＡ調整機構２０６を実際のスキャナで用いられる露光条件に合わせる。次に、ランプハウス２０１内の水銀ランプで発光された光から、干渉フィルタ２０２を使ってＫｒＦ波長（２４８ｎｍ）の光のみを取り出す。この光がσおよび各種照明アパーチャ２０３を通過し、ＸＹステージ２０４に載せられた被検査フォトマスクに入射する。
【００１８】
　この被検査フォトマスクを通過した光が、対物レンズ２０５およびＮＡ調整機構２０６を通過し、画像取り込み用ＣＣＤカメラ２０７に入射する。この画像取り込み用ＣＣＤカメラ２０７の受光面では、ウェハへ転写される光強度分布と同じ光強度分布を得て、その光強度分布をＡＤ変換し、ＸＹステージ２０４上の被検査フォトマスクによるウェハへの転写像を得ることができる。
【００１９】
　このＡＩＭＳによって得られたウェハへの転写像から、被検査フォトマスク上の欠陥の修正箇所について合否を判断する。一般に、目標とする寸法に対する許容範囲に修正箇所の寸法が入っているか否かで合否を判断したり、正常部の寸法に対する修正箇所の寸法の比が決められた値以下であるか否かで合否を判断したりする。
【００２０】
　しかしこの判断方法では、スキャナの進歩と同時にＡＩＭＳの改造あるいは新たなＡＩＭＳの導入が必要になる。例えば、高ＮＡあるいは新たな照明条件を持つスキャナがリリースされると、これに合わせてＡＩＭＳも改造する必要がある。また現在、スキャナの主流はＫｒＦあるいはＡｒＦ光源のスキャナであるが、Ｆ２光源のスキャナが製品へ適用されると、Ｆ２光源を持つＡＩＭＳを新たに開発、導入する必要がある。また、フォトマスク製造工程において、修正箇所の保証工程が必要になり、マスクＴＡＴの遅延、マスクコストの上昇にもつながることが考えられる。
【００２１】
　また、この種の欠陥修正方法が特許文献４，５に開示されている。
【特許文献１】特開平９－２９７１０９号公報
【特許文献２】特開２０００－１２２２６５号公報
【特許文献３】特開２０００－１８２９２１号公報
【特許文献４】特開２００２－１４４５９号公報
【特許文献５】特開２００２－３２３７４９号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【００２２】
　本発明の目的は、フォトマスク上の欠陥が基板へ転写されたときの影響度を見積もる際の精度の向上を図るフォトマスク製造方法を提供することにある。
【００２３】
　また本発明の目的は、フォトマスク上の欠陥修正箇所の判定を簡単かつ迅速に行うフォトマスク欠陥修正箇所判定方法及びするフォトマスク欠陥修正箇所判定装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】
【００２４】
本発明の一態様のフォトマスク製造方法は、フォトマスク上に形成されたパターンの欠陥を検出する工程と、前記欠陥を包括する前記フォトマスク上の第１の領域のパターン画像を取得する工程と、取得したパターン画像からパターン輪郭を抽出してパターン輪郭抽出データを取得する工程と、前記パターン輪郭抽出データと前記フォトマスク上の画素サイズとを基に第１の図形データを生成する工程と、前記フォトマスクの設計データから、前記第１の領域を含む第２の領域に対応するパターンデータを取得する工程と、取得したパターンデータから第２の図形データを生成する工程と、前記第１の図形データと前記第２の図形データが重なる領域においてのみ、前記第２の図形データを前記第１の図形データに置き換えて第３の図形データを生成する工程と、前記第２の図形データと前記第３のデータが表すパターン形状の転写パターンをそれぞれ生成する工程と、これら転写パターンを比較して前記欠陥を修正する必要があるか否かを判定する工程とを、有する。
【００２５】
本発明の一態様のフォトマスク欠陥修正箇所判定方法は、欠陥が修正されたフォトマスクの輪郭データを得る工程と、欠陥修正時にビームを照射した前記フォトマスクの修正領域の情報を得る工程と、透過率及び位相の情報を与えられた前記輪郭データと、透過率及び位相の変化量の情報を与えられた前記修正領域の情報とを合成して基板への転写像を求める工程と、前記基板への転写像から前記フォトマスクの修正箇所の合否を判定する工程と、を有する。
【００２６】
本発明の一態様のフォトマスク欠陥修正箇所判定装置は、欠陥が修正されたフォトマスクの輪郭データを得る手段と、欠陥修正時にビームを照射した前記フォトマスクの修正領域の情報を得る手段と、透過率及び位相の情報を与えられた前記輪郭データと、透過率及び位相の変化量の情報を与えられた前記修正領域の情報とを合成して基板への転写像を求める手段と、前記基板への転写像から前記フォトマスクの修正箇所の合否を判定する手段と、を備える。
【発明の効果】
【００２７】
本発明によれば、フォトマスク上の欠陥が基板へ転写されたときの影響度を見積もる際の精度の向上を図るフォトマスク製造方法を提供できる。
【００２８】
また本発明によれば、フォトマスク上の欠陥修正箇所の判定を簡単かつ迅速に行うフォトマスク欠陥修正箇所判定方法及びするフォトマスク欠陥修正箇所判定装置を提供できる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００２９】
（第１の実施の形態）
以下、第１の実施の形態として、フォトマスクの製造工程において、フォトマスク上にパターンを形成した後に所望の形状となっているか否かを検査する欠陥検査工程によって欠陥が検出されたときに、検出された欠陥が含まれたパターンでウェハ（半導体基板）へ転写した場合の転写パターンに与える影響度をリソ・シミュレーションによって見積り、その欠陥が問題となる大きさであるかを判別することで、欠陥を修正する必要性の判断を行う例について説明する。
【００３０】
図１の（ａ），（ｂ），（ｃ），（ｄ）は、本第１の実施の形態においてシミュレーションに入力されるパターンに係る図であり、（ａ）はフォトマスク上の欠陥を含むパターンを概略的に示す図、（ｂ）は（ａ）の欠陥付近を撮影した画像から抽出されたパターンを示す図、（ｃ）は（ａ）に対応する領域の設計データのパターンを示す図であり、（ｄ）は（ｂ）と（ｃ）とによって生成した、シミュレーションに入力するパターンを示す図

である。

【００３１】

図１の（ａ），（ｂ），（ｃ），（ｄ）において、１ａはフォトマスク上の透過領域、１ｂは画像からの輪郭抽出データでの透過領域、１ｃはＣＡＤデータ上での透過領域、２ａはフォトマスク上の遮光領域、２ｂは画像からの輪郭抽出データでの遮光領域、２ｃはＣＡＤデータでの遮光領域、３ａはフォトマスク上の欠陥部位、３ｂは画像からの輪郭抽出データでの欠陥部位、４はフォトマスク上のパターン画像取得領域、４ａはシミュレーション入力データでの画像取得に対応する領域、５はシミュレーション入力データの必要領域である。

【００３２】

図１の（ａ）に示すように、このフォトマスクは、ウェハに転写する際に光を透過するパターン１ａと一定量の遮光性を有するパターン２ａとの２種類のパターン領域を有し、このフォトマスクが所望の形状となっているか否かを検査する欠陥検査工程によって、所望の形状とは異なる部位である欠陥３ａが検出される。次に、この欠陥３ａを修正する必要があるか否かを判定する。

【００３３】

図２は、本第１の実施の形態の処理手順を示すフローチャートである。以下、図２を基に、欠陥を修正する必要性を判定する手順を説明する。

【００３４】

まず、第１の実施の形態の大きな流れとして、欠陥３ａを含む領域の実際のフォトマスク上のパターン形状を表す第１の図形データと欠陥３ａを含む領域の所望のパターン形状を表す第２の図形データとの２つを生成して、その２つの図形データからリソ・シミュレーションによってウェハ転写パターンを予測し、その結果を比較することで欠陥３ａを修正する必要性を判定する処理を行う。

【００３５】

まず、欠陥検査工程Ｓ１によって検出された欠陥３ａを含むフォトマスク上のパターン形状を表す第１の図形データを生成する。次に、欠陥検査工程Ｓ１から出力されたフォトマスク上の欠陥３ａの位置情報Ｓ２から、ＣＤ－ＳＥＭ画像取得工程Ｓ３で、フォトマスク上の欠陥３ａ付近（第１の領域）のパターン画像を画素単位で走査型電子顕微鏡（あるいは、原子間力顕微鏡、マスク欠陥検査装置）により取得する。このパターン画像を取得する際には、パターン形状の細かな段差や丸まりなどを表現するのに十分な高い倍率で画像を得ることが必要である。このパターン画像から、パターン輪郭抽出工程Ｓ４によって画素単位のパターン輪郭情報を抽出してパターン輪郭抽出データが生成され、さらに図形データ化変換工程Ｓ５で、パターン輪郭抽出データにパターン画像を構成する画素の大きさ（画素サイズ）を乗じて実際の寸法単位に変換され、シミュレーションに入力する図形データ形式に変換される。この際に用いられるパターン画像を構成する画素の大きさは、光を透過するパターンと遮光するパターンとが繰返し配置された大きさが既知のパターンを使って、事前に校正値として求められている。このように生成された図形データのパターン例を図１の（ｂ）に示す。

【００３６】

ここまでの手順で、欠陥３ａを含むフォトマスク上のパターン形状を表す第１の図形データが生成されたことになるが、この段階での図形データは、ウェハへ転写したときの転写パターンに与える影響度をシミュレーションによって見積もる上で問題を含んでいる。ＳＥＭ画像取得工程Ｓ３おいてパターン形状の細かな段差や丸まりなどを表現するのに十分な高い倍率で撮影をするということは、その一方で１つの画像に表現されるフォトマスク上の領域が小さな領域に制限されてしまうということである。必要な領域は、リソ・シミュレーションにおいて周辺のパターン形状から受ける影響を鑑みた場合に必要十分な大きさでなければならないが、現状のＳＥＭ装置では、前述の高い倍率と必要十分な大きさの領域の両方とを満足できないのが一般的である。そこで、この問題を解決するために後述の手順を踏む必要がある。

【００３７】
ここで、第１の図形データの生成手順の説明を中断し、第２の図形データの生成手順の説明に移る。欠陥検査工程Ｓ１によって検出された欠陥３ａを含む領域（第１の領域）の所望のパターン形状を表すフォトマスクの第１の図形データを生成するにあたり、欠陥位置周辺設計データ取得工程Ｓ７により、図示しないデータベースからの当該マスクの設計データＳ６（ＣＡＤ（コンピュータ支援）による設計データ）と、欠陥検査工程Ｓ１から出力された欠陥３ａのフォトマスク上の欠陥位置情報Ｓ２とによって、欠陥３ａを含む領域（第１の領域）をさらに包括するフォトマスク上の領域（第２の領域）のパターンデータを取得する。ここで取得する領域は、リソ・シミュレーションにおいて周辺のパターン形状から受ける影響を鑑みた場合に必要十分な大きさに設定されている必要がある。

【００３８】
次に、マスクパターン化変換工程Ｓ８によって、取得されたパターンデータのパターン形状を実際のマスクパターンに合わせて変形させる。このような処理が必要になるのは、設計データに基づいて製作されたマスクパターンであっても、マスク製作時に生じる製造誤差により、少なからず形状が異なるためである。変形させる要素としては、パターン線幅、パターン角の丸まりがあり、どの程度変形させるかの形状情報Ｓ１０は、前述のパターン輪郭抽出工程Ｓ４から得る。最後に、図形データ化変換工程Ｓ９によって、シミュレーションに入力する図形データ形式に変換し、第２の図形データとなる。このように生成された図形データのパターン例を図１の（ｃ）に示す。

【００３９】
次に、第１の図形データの生成手順の続きとして、位置あわせ処理工程Ｓ１１を説明する。まず、図形データ化変換工程Ｓ５によって生成された欠陥３ａを含むフォトマスク上のパターン形状を表す第１の図形データ（図１の（ｂ））を、図形データ化変換工程Ｓ９によって生成された欠陥３ａを含む領域の所望のパターン形状を表す第２の図形データ（図１の（ｃ））の中央に重ねて表示させる。

【００４０】
ここで、第１の図形データの領域は第２の図形データの領域よりも小さいことを改めて述べておく。また、２つの図形データはどちらも欠陥検査工程Ｓ１から出力された欠陥の位置情報Ｓ２に基づいて生成されたものであるが、ＳＥＭ画像取得工程Ｓ３において画像を取得する際にステージの停止位置精度などの影響を受け、多少なりとも位置的なズレを生じていると考えられる。よって、さらに精密に２つの図形データの共通する位置を合わせるために、第１の図形データと第２の図形データの互いに共通する領域における任意数（例えば２つ）の任意位置のパターンエッジの位置情報、例えば画像の水平方向とそれに直行する方向との２つの位置情報を取得し、その２つの位置情報が一致するように位置合わせを行う。

【００４１】
具体的には、第１の図形データと第２の図形データとで共通する領域における任意数の任意位置のパターンエッジを選択し、第１の図形データの該パターンエッジと第２の図形データの該パターンエッジとの水平方向及びそれと直行する方向の各距離の差が最小になるように、第１の図形データと第２の図形データの水平方向及びそれとは直行する方向の各位置を調整する。あるいは、第１の図形データにおける任意数の任意位置の互いに並行するパターンエッジの対を選択し、この選択されたパターンエッジの対の間の距離と、このパターンエッジの対に対応する第２の図形データにおけるパターンエッジの対の間の距離との差を求め、この差分だけ第２の図形データのパターンの太さを増減する。

【００４２】
この位置あわせ処理工程Ｓ１１が完了した後、図形データ合成工程Ｓ１２で、第２の図形データにおける第１の図形データと共通する領域のみ、第１の図形データの情報に置き換える処理を行うことで、シミュレーションに入力する第３の図形データとなる。すなわち、第１の図形データと第２の図形データが重なる領域においてのみ、第２の図形データを該第１の図形データに置き換える。このようにして生成された第３の図形データのパタ

ーン例を図１の（ｄ）に示す。最終的に、元のマスクパターン形状を示す図１の（ａ）と同じ形状の図形データが得られたことが分かる。

【００４３】

最後に、前述の手順によって生成された第３の図形データと第２の図形データが表すパターン形状は、ウェハの転写工程で実際に使用されるリソグラフィ条件Ｓ１４を与えたリソ・シミュレーションＳ１３によって、それぞれウェハに転写される転写パターンに処理され、それぞれ被検査ウェハ転写パターンＳ１５と所望ウェハ転写パターンＳ１６が生成される。

【００４４】

そして、比較・判定工程Ｓ１７にて、この２つの転写パターンの形状を比較した差異が予め定めた期待値（許容値）Ｓ１８より大きい場合には、欠陥３ａは修正する必要があると判断され、修正工程Ｓ１９に進む。一方、期待値Ｓ１８以下の場合には、欠陥３ａは修正する必要はないと判断され、次の欠陥に対する処理Ｓ２０に進む。

【００４５】

あるいは、比較・判定工程Ｓ１７では、例えばフォトマスク上に形成される転写パターンＳ１５の一部領域の形状の良否を判定する。具体的には、前記一部領域のフォトマスク上での座標を予め求め、第３の図形データから前記転写パターンＳ１５の一部領域がこのフォトマスクで使用されるリソグラフィ条件によってウェハに転写されたときのリソグラフィ裕度をシミュレーションにより見積もり、前記転写パターンの一部領域の形状の良否を判定する。

【００４６】

（第２の実施の形態）

以下、第２の実施の形態として、フォトマスクの製造工程において、フォトマスク上にパターンを形成した後に所望の形状となっているか否かを検査する欠陥検査工程によって欠陥が検出されたときに、検出された欠陥が含まれたパターンでウェハへ転写した場合の転写パターンに与える影響度をリソ・シミュレーションによって見積り、その欠陥が問題となる大きさであるかを判別することで、欠陥を修正する必要性の判断を行うマスクパターン形状評価装置について説明する。

【００４７】

図３は、本第２の実施の形態に関るマスクパターン形状評価装置の構成を示すブロック図と入力情報を示す図である。この装置は大きく分けて、フォトマスク上のパターンの２次電子像を取得する走査型電子顕微鏡（以下、ＳＥＭと表記する）２８と、この制御と取得された画像に対する様々な処理とを行うための電子計算機および電子回路とで構成されている。

【００４８】

ＳＥＭ２８は、フォトマスク２７を載置して任意の位置に移動できるＸＹステージ３１と、電子を打ち出す電子銃２９と、電子銃２９から打ち出された電子４３を制御してフォトマスク２７上に導く電子光学系３０と、フォトマスク２７に当たった電子により励起放出される２次電子４４を検出する２次電子検出装置３２とから構成されている。ＳＥＭ２８の各機器は、制御計算機３３から制御回路装置３６を介して制御信号を受けることで動作を制御される。

【００４９】

電子計算機および電子回路には、ＳＥＭ２８を制御する制御回路装置３６と、それに制御信号を送る制御計算機３３があり、制御計算機３３には、各種データを蓄積するデータ記憶装置３７と、一部の処理のみを行う画像処理装置３８が接続されている。画像処理装置３８は、各種処理の高速化のために備えられていることが望ましいが、ここで行う処理は制御計算機３３でソフトウェアによって実行するよう置き換えることも可能であり、必ずしも必要ではない。さらに、制御計算機３３には、装置の操作者のために情報を出力する表示装置３４と、装置の操作者からの情報の入力を可能とする入力装置３５が接続されている。

【００５０】
以下、上述したマスクパターン形状評価装置による、欠陥を修正する必要性を判定する処理の手順を説明する。
【００５１】
本第２の実施の形態も大きな処理の流れは第１の実施の形態と同じであり、欠陥を含む領域の実際のフォトマスク上のパターン形状を表す第１の図形データと欠陥を含む領域の所望のパターン形状を表す第２の図形データとの２つを生成して、その２つの図形データからリソ・シミュレーションによってウェハ転写パターンを予測し、その結果を比較することで欠陥を修正する必要性を判定する処理を行う。よって、以下の手順の説明では、第１の実施の形態の各工程がこの装置でどのように行われるかを述べる。
【００５２】
まず、第１の図形データの生成について述べる。第１の図形データは、欠陥を含む領域の実際のフォトマスク上のパターン形状を表すものであり、この装置ではＳＥＭにより画像として取得したマスクパターンから生成している。以下、その詳細を述べる。
【００５３】
まず、操作者が、欠陥検査工程（Ｓ１）で検出された欠陥が存在するフォトマスク２７をＳＥＭ２８のＸＹステージ３１に載置する操作を行う。次に、欠陥の位置情報３９を入力し、その情報を元に制御計算機３３は制御回路装置３６を介して２次電子顕微鏡２８のＸＹステージ３１に移動制御信号を出力し、フォトマスク上の欠陥が画像取得領域の中央に位置する状態にする。
【００５４】
次に、制御計算機３３は、制御回路装置３６を介して電子光学系３０を制御し、適切な画像を得られる状態にする。適切な状態とは、歪み、焦点のボケなどがなく、マスクパターン形状を正確に表現できる状態を指している。ここで、制御計算機３３は制御回路装置３６を介して２次電子検出装置３２にマスクパターンの２次電子画像を取得するよう指令を出し、２次電子検出装置３２によって取得されたＳＥＭ画像はデータ記憶装置３７に蓄積される。このようにして得られたＳＥＭ像のパターン情報は、画像処理装置３８でパターンエッジを抽出する処理が施され図形データ化される。この図形データは、第１の実施の形態における図形データ化変換工程（Ｓ５）から出力されたものに相当する。
【００５５】
そして第１の実施の形態でも述べた通り、この段階での図形データは、マスクパターンの細かな段差を表現できるような高い倍率で得られたＳＥＭ画像を元にしているため、リソ・シミュレーションにおいて周辺のパターンによる影響を考えたときに、十分な大きさの領域の情報は有していない。しかし、この問題は後述の手順により解消される。
【００５６】
ここで、第１の図形データの生成手順の説明を中断し、第２の図形データの生成手順の説明に移る。本第２の実施の形態の装置には、予めマスクパターンの設計データ４０が入力されているものとする。制御計算機３３は、欠陥検査によって検出された欠陥の位置情報３９の入力を元に、欠陥を含む領域の設計データを取得する。ここで取得する領域は、リソ・シミュレーションにおいて周辺のパターン形状から受ける影響を鑑みた場合に必要十分な大きさに設定されている必要がある。
【００５７】
次に、制御計算機３３は、マスクパターン化変換工程（Ｓ８）によって、取得された設計データのパターンの形状を実際のマスクパターンに合わせて変形させる。このような処理が必要になるのは、設計データに基づいて製作されたマスクパターンであっても、マスク製作時で生じる製造誤差により、少なからず形状が異なるためである。変形させる要素としては、パターン線幅、パターン角の丸まりなどがあり、どの程度変形させるかの情報は、パターン輪郭抽出工程（Ｓ４）でＳＥＭ画像から求めることができる。最後に、画像処理装置３８は、図形データ化変換工程（Ｓ５）によって、シミュレーションに入力する図形データ形式に変換し、第２の図形データとなる。このように生成された図形データの

パターン例を図１の（ｃ）に示す。

【００５８】

次に、第１の図形データの生成手順の続きとして、第１の実施の形態でも説明した欠陥を含むフォトマスク上のパターン形状を表す第１の図形データ（図１の（ｂ））を、欠陥を含む領域の所望のパターン形状を表す第２の図形データ（図１の（ｃ））の共通する領域に置き換えて合成する処理を行う。

【００５９】

本第２の実施の形態の装置でのこの処理は、まず、制御計算機３３が制御回路装置３６を介してＸＹステージ３１の位置情報を取り込むことで、第１の図形データのフォトマスク上の位置を特定する。この位置情報を元に第２の図形データの上に第１の図形データを重ねておくことができる。しかし、ＸＹステージ３１の位置読取り精度などの影響を受け、多少なりとも位置的なズレが生じることが考えられるため、第１の実施の形態でも行った、第１の図形データと第２の図形データの互いの領域において共通するパターンエッジの位置情報を利用した精密な位置合わせ処理を行う必要がある。本第２の実施の形態においては、制御計算機３３のソフトウェア処理によってこれを実現することができる。ここまでの処理で、シミュレーションに入力する第１の図形データが完成したことになる。このようにして生成された図形データのパターン例を図１の（ｄ）に示す。最終的に、元のマスクパターン形状を示す図１の（ａ）と同じ形状の図形データが得られたことが分かる。

【００６０】

最後に、前述の手順によって生成された第１の図形データと第２の図形データに対して、個々に、ウェハの転写工程で実際に使用されるリソグラフィ条件４１の入力情報を使ったリソ・シミュレーションが制御計算機３３で実行され、それぞれ被検査ウェハ転写パターン（Ｓ１５）と所望ウェハ転写パターン（Ｓ１６）が生成される。そして、この２つのパターン形状を比較した差異が予め定めた期待値（許容値）（Ｓ１８）の入力情報より大きい場合には、欠陥は修正する必要があると制御計算機３３で判断され、修正工程（Ｓ１９）に進む。一方、期待値Ｓ１８以下の場合には、欠陥は修正する必要はないと制御計算機３３で判断されて、次の欠陥に対する処理（Ｓ２０）に進む。

【００６１】

以上、本発明に関わる実施の形態を記述したが、実施の形態はこれに限定されるものではない。例えば、マスクパターンの画像を取得する手段はＳＥＭ装置に限る必要はなく、光学像観察装置、原子間力顕微鏡（ＡＦＭ）、マスク欠陥検査装置など種々のものが考えられる。また、リソ・シミュレーションによってマスクパターンを評価する方法も、上記実施の形態のような欠陥を含むマスクパターンと設計データからの所望パターンとの比較による判定に限る必要はなく、マスクパターンの画像から図形データ化したパターン情報のみをリソ・シミュレーションして、ウェハ転写パターンの形状やリソグラフィ尤度を求めるといった方法も考えられる。

【００６２】

その他にも、高分解能な画像からパターンの図形データを得たときに、同時に必要とされる広い領域のパターン情報を得られない場合に、そのパターン情報を所望のパターンを表す設計データから生成した図形データと合成して補うことで、実際のパターンに近い図形データを生成することができる。

【００６３】

上記第１，第２の実施の形態では、フォトマスク上のパターン形状の良否を、このフォトマスクのリソグラフィ条件でウェハに転写されたときの転写パターンをシミュレーションで予測した結果により判定しようとするとき、フォトマスク上のパターンを画像として取得し、最終的に実際のフォトマスク上のパターンを表現した図形データと、フォトマスクの設計データを元に生成した図形データとを合成することにより、実際のフォトマスクのパターンに忠実なパターンデータをシミュレーションの入力データとして提供する。これにより、フォトマスクのパターンがウェハに転写されたときのパターン形状およびリソ

グラフィ尤度を正確に求めることができ、フォトマスク上のパターン形状の良否判定を高い精度で行うことが可能になる。すなわち、画像として得た欠陥領域の周囲のパターンをより忠実に再現することにより、フォトマスク上の欠陥がウェハへ転写されたときの影響度をシミュレーションによって見積もる際の精度を向上することができる。

【００６４】

（第３の実施の形態）

以下、フォトマスク欠陥検査装置にて検出された残留欠陥、すなわち不要な遮光膜が透過部に残った欠陥の修正箇所に対して合否判断を行う手順を説明する。

【００６５】

まず、フォトマスク欠陥検査装置にて欠陥検査が終了した後、欠陥修正を実施するフォトマスクをフォトマスク欠陥修正装置内にセットし、フォトマスク欠陥検査装置で検出された欠陥座標ファイルをフォトマスク欠陥修正装置に読み込ませる。フォトマスク欠陥修正装置は、フォトマスク欠陥検査装置から読み込んだ欠陥座標ファイルをもとに、フォトマスクを第１の欠陥座標位置へ移動する。

【００６６】

図４は、光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図であり、フォトマスク上の欠陥を示している。図４において、白色部は透過部ａ（ガラス基板）を示し、斜線部はＫｒＦ波長の光において透過率が６％、透過部ａとの位相差が１８０度の遮光膜部ｂを示す。つまり図４は、ＫｒＦスキャナ向けハーフトーンマスクに残留欠陥部ｃ（不要な遮光膜が透過部に残った欠陥）がある例を示している。

【００６７】

図５は、光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図であり、図４に示した残留欠陥部ｃをイオンビーム（例えばＧａイオンビーム）とアシストガスを用いたＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置にて修正したイメージを示している。図５において、イオンビームとエッチングガスを使って欠陥を修正した箇所、すなわち不要な遮光膜を除去した残留欠陥修正部ｄが粗い斜線部になっている。これは、ＦＩＢ（Ｆｏｃｕｓｅｄ Ｉｏｎ Ｂｅａｍ）フォトマスク欠陥修正装置での修正時に、透過部ａ（ガラス基板）にＧａイオンが打ち込まれたことにより透過率が低下していることや、透過部ａの掘り込みなどにより位相の違いなどが発生し、通常の透過部よりも透過率が低下していることを示している。

【００６８】

図６は、欠陥修正後のフォトマスクの輪郭イメージの例を示す図である。図６は、図５に示したＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置で残留欠陥を除去したフォトマスクの二次電子像から輪郭データを求めたイメージを示している。この輪郭データは、フォトマスクの寸法測長時に用いた閾値と同じ閾値で求められたものである。図６から分かるように、図５に示したような残留欠陥が除去された残留欠陥修正部ｄの輪郭データは得ることができない。

【００６９】

図６のような輪郭データを用い、遮光膜部に透過率６％、位相１８０度というパラメータを入力し、透過部に透過率１００％、位相０度というパラメータを入力してウェハの転写像をシミュレーションしても、残留欠陥が除去された部分の透過率低下の情報が反映されていないので、正確なウェハ転写像をシミュレーションすることはできない。

【００７０】

そこで、ＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置から、欠陥修正時にＧａイオンビームを照射したフォトマスクの修正領域の情報を得て、図７に示すようなウェハへの転写像をシミュレーションするための輪郭データを得る。ここで、輪郭データの遮光膜部に透過率６％、位相１８０度というパラメータを入力し、透過部に透過率１００％、位相０度というパラメータを入力する。ＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置で欠陥修正をするとき、Ｇａイオンビームを照射した領域の透過率低下や位相の変化は常にほぼ一定であり、欠陥修正時にＧａイオンビームを照射したフォトマスクの修正領域の情報には欠陥修正時の透過率や位相

の変化量をパラメータとして入力する。例えば、透過率９８％、位相差－２度をパラメータとして入力する。

【００７１】

本第３の実施の形態では、図７に示した輪郭データおよび透過率・位相のパラメータを使ってウェハへの転写像をシミュレーションする。つまり、パターン７ａへの透過率、位相のパラメータは各々６％、１８０度、パターン７ｂへの透過率、位相のパラメータは各々１００％、０度、パターン７ｃへの透過率、位相のパラメータは各々９８％、－２度とし、さらにウェハへ露光する条件（露光波長、ＮＡ、σ、照明条件）を入力し、ウェハへの転写像をシミュレーションする。

【００７２】

図８は、図６の輪郭データから求めたウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図であり、図９は、図７の輪郭データから求めたウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図である。

【００７３】

図８，図９における破線Ｌ１，Ｌ２は、フォトマスクのユーザーから提示されたウェハ上で許容される寸法の範囲を示している。通常、目標とする寸法に対して±１０％以内が許容される範囲である。求めたウェハへの転写像のエッジ位置がこの破線Ｌ１，Ｌ２の間に入っていれば、その欠陥修正箇所は合格となる。もし、破線Ｌ１，Ｌ２から外側へはみ出した部分があれば、その欠陥修正箇所は不合格となり、再修正するか、そのフォトマスクを破棄することになる。

【００７４】

図８の場合、欠陥修正箇所の透過率および位相の変化量が考慮されていない図６の輪郭データからウェハへの転写像をシミュレーションした結果であるため、エッジ位置の欠陥修正箇所は破線Ｌ１，Ｌ２の間に入っており、この箇所の欠陥修正は合格と判断される。一方図９の場合は、欠陥修正箇所の透過率および位相の変化量が考慮されている図７の輪郭データからウェハへの転写像をシミュレーションした結果であり、エッジ位置の欠陥修正箇所は破線Ｌ１，Ｌ２から外側へはみ出しているため、この箇所の欠陥修正は不合格と判断される。

【００７５】

図９に示したように欠陥修正箇所が寸法の許容範囲を超えた場合は、残留欠陥が未だ残っていると判断でき、再度残留欠陥の除去を実施し、再び上述したウェハへの転写像のシミュレーションを行うことよって合否を判定する。

【００７６】

以下、フォトマスク欠陥検査装置にて検出された欠損欠陥、すなわち必要な遮光膜が欠けてしまった欠陥の修正箇所に対する合否判断を行う手順を説明する。

【００７７】

まず、フォトマスク欠陥検査装置にて欠陥検査が終了した後、欠陥修正を実施するフォトマスクをフォトマスク欠陥修正装置内にセットし、フォトマスク欠陥検査装置で検出された欠陥座標ファイルをフォトマスク欠陥修正装置に読み込ませる。フォトマスク欠陥修正装置は、フォトマスク欠陥検査装置から読み込んだ欠陥座標ファイルをもとに、フォトマスクを第１の欠陥座標位置へ移動する。

【００７８】

図１０は、光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図であり、フォトマスク上の欠陥を示している。図１０において、白色部は透過部ａ（ガラス基板）を示し、斜線部はＫｒＦ波長の光において透過率が６％、透過部ａとの位相差が１８０度の遮光膜部ｂを示す。つまり図１０は、ＫｒＦスキャナ向けハーフトーンマスクに欠損欠陥部ｅ（必要な遮光膜が欠けてしまった欠陥）がある例を示している。

【００７９】

図１１は、光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図であり、図１０に示した欠損欠陥部ｅをイオンビーム（例えばＧａイオンビーム）とアシストガス（デポジ

ションガス）を用いたＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置にて修正したイメージを示している。図１１において、欠陥を修正した箇所、すなわち必要な遮光膜が欠けている箇所にある細かい斜線部で示す長方形の欠損欠陥修正部ｆは、ＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置でイオンビームとデポジションガスを使って堆積した堆積膜である。一般に、イオンビームとデポジションガスを使って堆積した膜の材質はカーボンであり、遮光膜の透過率の値と同等にするように堆積膜の膜厚が調整されるが、この堆積膜を通過した光の位相を変化させることはできない。

【００８０】

図１２は、欠陥修正後のフォトマスクの輪郭イメージの例を示す図である。図１２は、図１１に示したＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置で欠損欠陥部に堆積膜を堆積したフォトマスクの二次電子像から輪郭データを求めたイメージを示している。この輪郭データは、フォトマスクの寸法測長時に用いた閾値と同じ閾値で求められたものである。図１２では、欠損欠陥部に堆積した堆積膜部分１２ａの輪郭データも得ることができている。しかし、すでに述べたように、一般にイオンビームとデポジションガスを使って堆積した堆積膜の材質はカーボンであり、透過率がＫｒＦハーフトーンマスクのものと同等になるように堆積膜の膜厚が調整されるが、この堆積膜を通過した光の位相を変化させることはできない。よって、欠損欠陥部に堆積させた堆積膜部分の透過率および位相の値を、正常部のものと同じ値に設定することはできない。

【００８１】

そこで、ＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置から、欠損部分の箇所の修正時にＧａイオンビームを照射した修正領域の情報を得て、図１３に示す輪郭データおよび透過率・位相のパラメータを使ってウェハへの転写像をシミュレーションする。つまり、パターン１３ａへの透過率、位相のパラメータは各々６％、１８０度、パターン１３ｂへの透過率、位相のパラメータは各々１００％、０度、パターン１３ｃへの透過率、位相のパラメータは各々６％、０度とし、さらにウェハへ露光する条件（露光波長、ＮＡ、σ、照明条件）を入力し、ウェハへの転写像をシミュレーションする。

【００８２】

図１４は、図１２の輪郭データから求めたウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図であり、図１５は、図１３の輪郭データから求めたウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図である。

【００８３】

図１４，図１５における破線Ｌ１，Ｌ２は、フォトマスクのユーザーから提示されたウェハ上で許容される寸法の範囲を示している。通常、目標とする寸法に対して±１０％以内が許容される範囲である。求めたウェハへの転写像のエッジ位置がこの破線Ｌ１，Ｌ２の間に入っていれば、その欠陥修正箇所は合格となる。もし、破線Ｌ１，Ｌ２から外側へはみ出した部分があれば、その欠陥修正箇所は不合格となり、再修正するか、そのフォトマスクを破棄することになる。

【００８４】

図１４の場合、堆積膜の透過率および位相の変化量が考慮されていない図１２の輪郭データからウェハへの転写像をシミュレーションした結果であるため、エッジ位置の欠陥修正箇所は破線Ｌ１，Ｌ２の間に入っており、この箇所の欠陥修正は合格と判断される。一方図１５の場合は、堆積膜の透過率および位相の変化量が考慮されている図１３の輪郭データからウェハへの転写像をシミュレーションした結果であり、エッジ位置の欠陥修正箇所は破線Ｌ１，Ｌ２から外側へはみ出しているため、この箇所の欠陥修正は不合格と判断される。

【００８５】

図１６は、本第３の実施の形態に係るＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置の構成を示す図である。欠陥座標読み取り部１１１は、欠陥検査装置が検出した欠陥座標ファイルを読み込む。制御ユニット１１０は、欠陥座標読み取り部１１１が読み込んだ欠陥座標ファイルを基に、ＸＹステージ１０５を第１の欠陥の座標位置へ移動させる。制御ユニット１１０

は、修正指針画像作成部１１３で作成された修正指針を示す画像を基に、以下の欠陥修正を行う。

【００８６】

イオン源１０１から発せられたイオンビームは、電子光学系１０２によりＸＹステージ１０５上にあるマスク１０４に集光され、マスク１０４から発生する二次電子が二次電子検出系１０６により受光され、その信号が画像観察部１０７に送られてマスク１０４の欠陥画像が得られる。制御ユニット１１０は、画像観察部１０７に表示されたマスク１０４の欠陥部に対して、アシストガス供給用ノズル１０３からガスを供給し、イオン源１０１から発せられ電子光学系１０２を通過したイオンビームを欠陥部に照射し、第１の欠陥を修正する。

【００８７】

次に、第１の欠陥を修正した後のマスク画像（二次電子像）を、二次電子検出系１０６を介して画像観察部１０７にて得る。画像観察部１０７にて得られたマスク画像が画像データ変換部１０８により輪郭データに変換される。また、イオンビーム照射エリア取得部１０９は、第１の欠陥の修正時にマスク１０４にイオンビームを照射したエリアの位置・領域情報を制御ユニット１１０から取得し、これも画像データ変換部１０８へ送られ、画像観察部１０７で得られたマスク画像（二次電子像）の輪郭データと合成され、かつ遮光膜部・透過部・欠陥修正部の透過率及び位相の値が設定され、転写像シミュレーション用データが作成される。

【００８８】

この転写像シミュレーション用データが画像データ変換部１０８から制御ユニット１１０を介して転写像シミュレータ１１２に送られる。転写像シミュレータ１１２では、ウェハへの転写条件であるリソ条件（露光波長、ＮＡ、σ、照明条件）が入力され、ウェハへの転写シミュレーション像が得られる。制御ユニット１１０は、転写像シミュレータ１１２で得られたウェハへの転写シミュレーション像において、フォトマスクの修正箇所の寸法が許容範囲内に入っていれば、修正箇所は合格であると判断し、ＸＹステージ１０５を第２の欠陥の座標位置へ移動する。

【００８９】

図１７は、本第３の実施の形態に係る欠陥修正箇所保証方法の手順を示すフローチャートである。以下、図１７を基に欠陥修正箇所保証の手順を説明する。

【００９０】

まず、ステップＳ２１で、操作者がフォトマスクをＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置にセットする。ステップＳ２２で、欠陥座標読み取り部１１１は欠陥検査装置から、欠陥修正装置にセットされたフォトマスクの検査結果ファイル、つまり欠陥座標が記されたファイルを読み込む。ステップＳ２３で、制御ユニット１１０は、この欠陥座標ファイルを基に、フォトマスク１０４がセットされたＸＹステージ１０５を欠陥の座標位置へ移動する。

【００９１】

次に、ステップＳ２４で、制御ユニット１１０は欠陥を修正する。ステップＳ２５で、画像観察部１０７は欠陥修正箇所の二次電子像を取得し、ステップＳ２６で、イオンビーム照射エリア取得部１０９は、欠陥修正箇所を含む周辺の欠陥修正エリアの位置・領域情報を取得する。ステップＳ２７で、画像データ変換部１０８は、ステップＳ２５で取得した欠陥修正箇所の二次電子像とステップＳ２６で取得した欠陥修正エリアの位置・領域情報を合成する。ステップＳ２８で、画像データ変換部１０８は転写像シミュレーション用データへの変換を実施する。このとき、遮光膜部・透過部・欠陥修正部の透過率および位相の値が設定される。

【００９２】

ステップＳ２９で、転写像シミュレータ１１２は、転写像シミュレーション用データと、ウェハへ転写するときの条件であるリソ条件（露光波長、ＮＡ、σ、照明条件）を用いて、ウェハへの転写シミュレーション像を得る。ステップＳ３０で、制御ユニット１１０

は、得られたウェハへの転写シミュレーション像にて、欠陥修正箇所の寸法が許容範囲内であるか否かを評価し、許容範囲内であれば、欠陥修正は合格と判断され、次の欠陥を修正するためにステップＳ２２へ戻る。許容範囲からはずれた場合は、欠陥修正は不合格と判断され、再修正するためにステップＳ２４へ戻る。

【００９３】

上記第３の実施の形態では、フォトマスク欠陥検査装置にて検出された欠陥をフォトマスク欠陥修正装置にて修正し、欠陥修正後のフォトマスクの二次電子像から輪郭データを求め、この輪郭データからシミュレーションによって求めたウェハへの転写像を使って、修正された箇所の合否を判定する。さらに、フォトマスク欠陥修正装置での欠陥修正において生じる欠陥修正箇所の透過率及び位相の変化もこの輪郭データに与えてウェハへの転写像をシミュレーションし、その像から修正箇所の合否を判定判断する。従来、フォトマスクの欠陥修正箇所の保証は、ＡＩＭＳなどのウェハへの露光装置と同じ波長の光源や、同じ光学系（ＮＡ，σ，照明条件）をもった顕微鏡で実施されていた。これに対し本実施の形態により、欠陥修正後のフォトマスクの輪郭データと修正された領域を合成した像を使ってウェハへの転写像シミュレーションを実施することで、ＡＩＭＳを用いた従来の方法よりも簡単で迅速な保証を実現することができる。

【００９４】

なお、本発明は上記各実施の形態のみに限定されず、要旨を変更しない範囲で適宜変形して実施できる。

【図面の簡単な説明】

【００９５】

【図１】第１の実施の形態においてシミュレーションに入力されるパターンに係る図。

【図２】第１の実施の形態の処理手順を示すフローチャート。

【図３】第２の実施の形態に関るマスクパターン形状評価装置の構成を示すブロック図と入力情報を示す図。

【図４】第３の実施の形態に関る光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図。

【図５】第３の実施の形態に関る光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図。

【図６】第３の実施の形態に関るマスク欠陥修正後の輪郭イメージを示す図。

【図７】第３の実施の形態に関るウェハ転写像シミュレーション用データを示す図。

【図８】第３の実施の形態に関るウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図。

【図９】第３の実施の形態に関るウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図。

【図１０】第３の実施の形態に関る光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図。

【図１１】第３の実施の形態に関る光学顕微鏡で撮影したフォトマスクイメージの例を示す図。

【図１２】第３の実施の形態に関るマスク欠陥修正後の輪郭イメージを示す図。

【図１３】第３の実施の形態に関るウェハ転写像シミュレーション用データを示す図。

【図１４】第３の実施の形態に関るウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図。

【図１５】第３の実施の形態に関るウェハへの転写像のシミュレーション結果を示す図。

【図１６】第３の実施の形態に係るＦＩＢフォトマスク欠陥修正装置の構成を示す図。

【図１７】第３の実施の形態に係る欠陥修正箇所保証方法の手順を示すフローチャート。

【図１８】従来例においてシミュレーションに入力されるパターンに係る図。

【図１９】従来例に係るＡＩＭＳの構成を示す概略図。

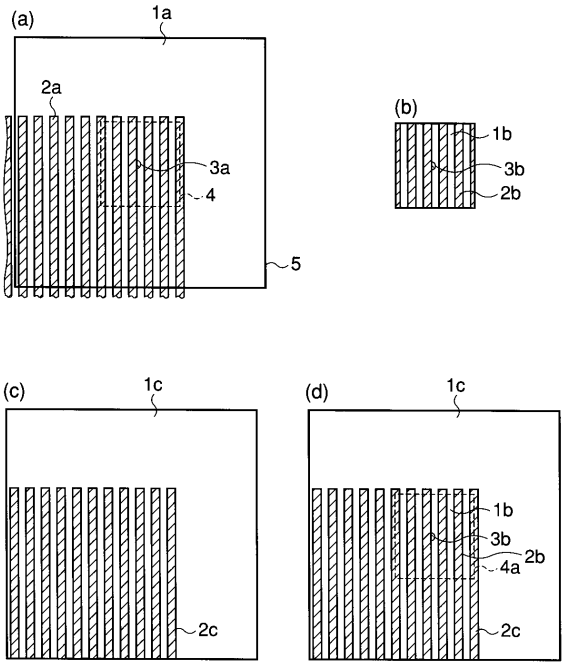
【符号の説明】

【００９６】

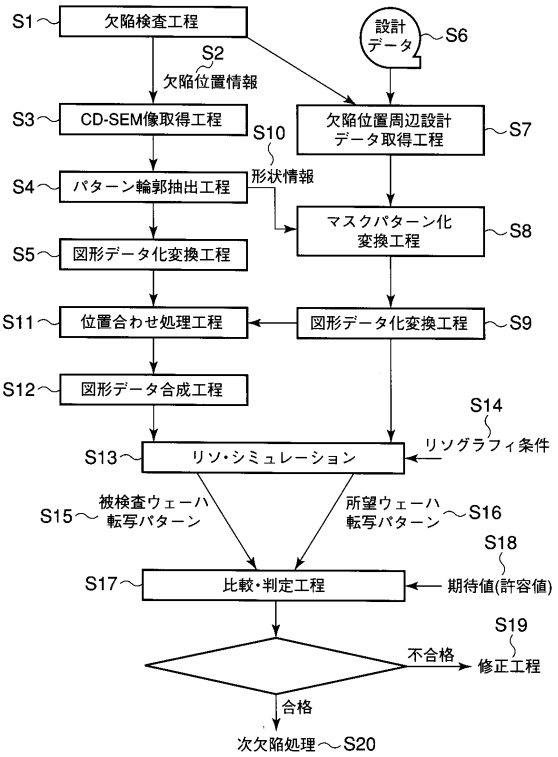
１ａ…フォトマスク上の透過領域　１ｂ…画像からの輪郭抽出データでの透過領域　１ｃ…ＣＡＤデータ上での透過領域　２ａ…フォトマスク上の遮光領域　２ｂ…画像からの輪郭抽出データでの遮光領域　２ｃ…ＣＡＤデータでの遮光領域　３ａ…フォトマスク上

の欠陥部位　３ｂ…画像からの輪郭抽出データでの欠陥部位　４…フォトマスク上のパターン画像取得領域　４ａ…シミュレーション入力データでの画像取得に対応する領域　５…シミュレーション入力データの必要領域　２７…フォトマスク　２８…電子顕微鏡（ＳＥＭ）　２９…電子銃　３０…電子光学系　３１…ＸＹステージ　３２…２次電子検出装置　３３…制御計算機　３４…表示装置　３５…入力装置　３６…制御回路装置　３７…データ記憶装置　３８…画像処理装置　３９…欠陥位置情報　４０…設計データ　４１…リソグラフィ条件　４３…電子　４４…２次電子　ａ…透過部　ｂ…遮光膜部　ｃ…残留欠陥部　ｄ…残留欠陥修正部　ｅ…欠損欠陥部　ｆ…欠損欠陥修正部　１０１…イオン源　１０２…電子光学系　１０３…アシストガス供給用ノズル　１０４…マスク　１０５…ＸＹステージ　１０６…二次電子検出系　１０７…画像観察部　１０８…画像データ変換部　１０９…イオンビーム照射エリア取得部　１１０…制御ユニット　１１１…欠陥座標読み取り部　１１２…転写像シミュレータ　１１３…修正指針画像作成部

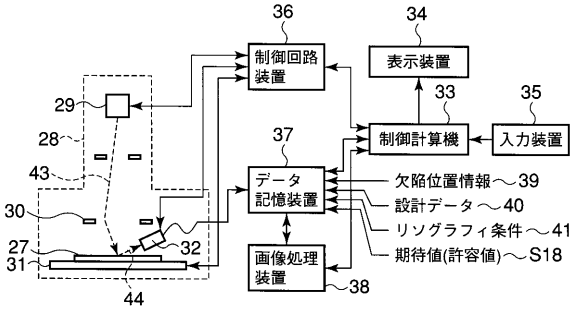
【図１】



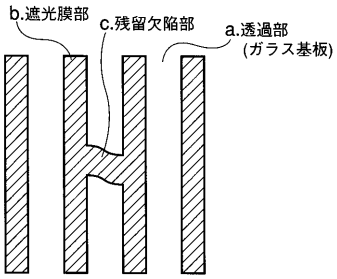
【図２】



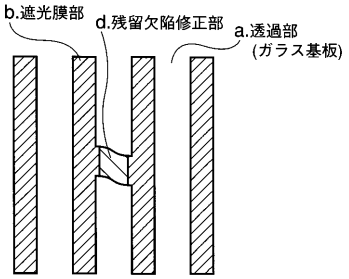
【図３】



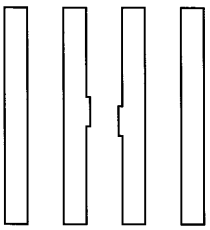
【図４】



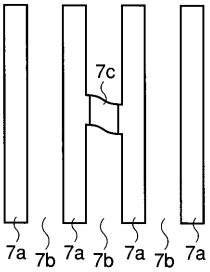
【図５】



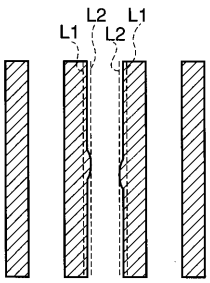
【図６】



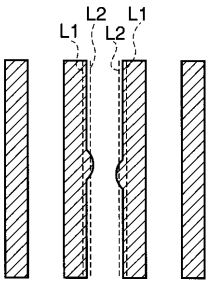
【図７】



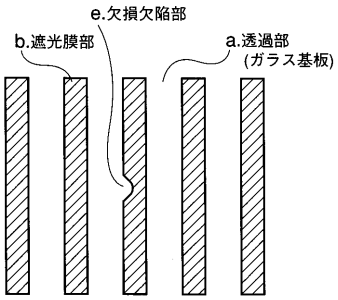
【図８】



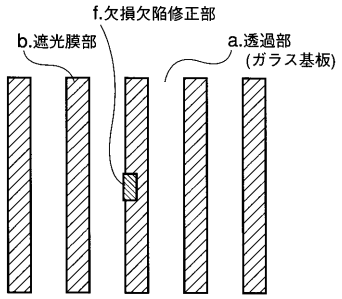
【図９】



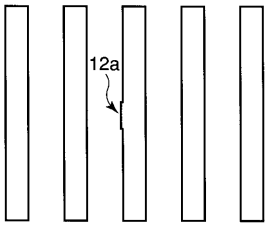
【図１０】



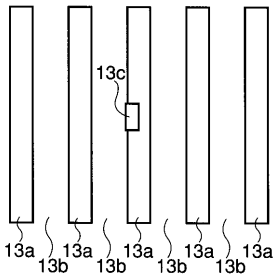
【図１１】



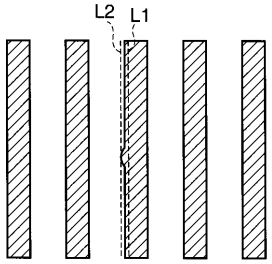
【図１２】



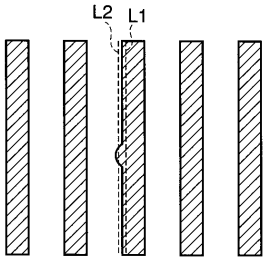
【図１３】



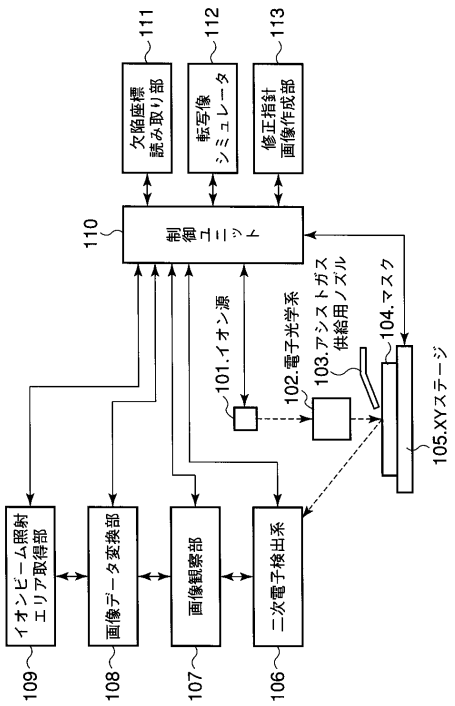
【図１４】



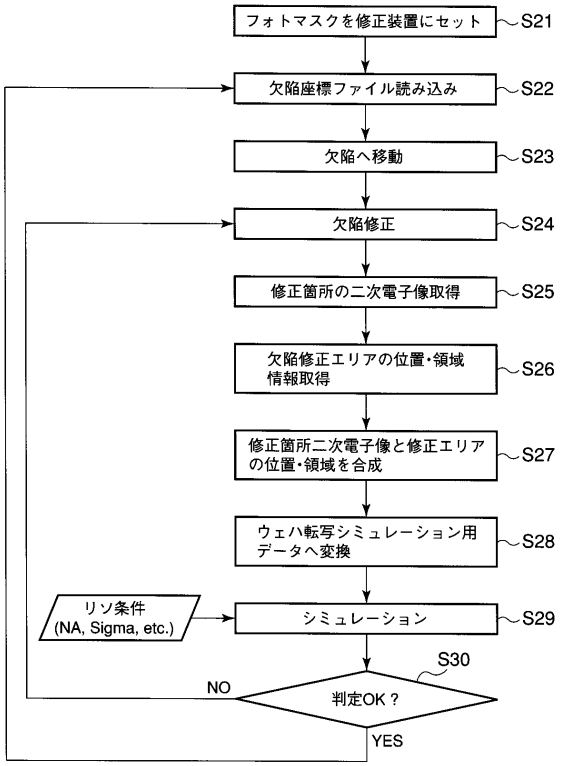
【図１５】



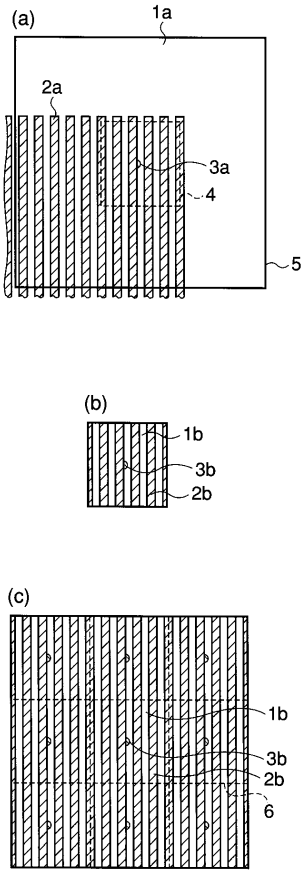
【図１６】



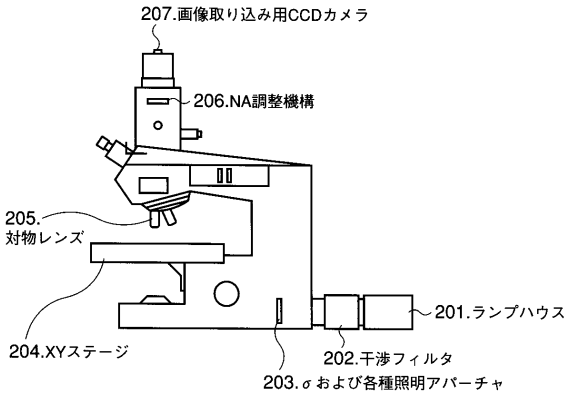
【図１７】


フォトマスクを修正装置にセット
S21
欠陥座標ファイル読み込み
S22
欠陥へ移動
S23
欠陥修正
S24
修正箇所の二次電子像取得
S25
欠陥修正エリアの位置・領域情報取得
S26
修正箇所二次電子像と修正エリアの位置・領域を合成
S27
ウェハ転写シミュレーション用データへ変換
S28
リソ条件 (NA, Sigma, etc.)
シミュレーション
S29
S30
判定OK？
NO
YES

【図１８】


(a)
1a
2a
3a
4
5
(b)
1b
3b
2b
(c)
1b
3b
2b
6

【図１９】


207.画像取り込み用CCDカメラ
206.NA調整機構
205.
対物レンズ
204.XYステージ
201.ランプハウス
202.干渉フィルタ
203.σおよび各種照明アパーチャ

フロントページの続き

(72)発明者　平野　隆
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地　株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内
(72)発明者　山中　栄二
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地　株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

Ｆターム(参考) 2H095 BD04　BD18　BD24　BD25　BD27　BD28