

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4046012号  
(P4046012)

(45) 発行日 平成20年2月13日(2008.2.13)

(24) 登録日 平成19年11月30日(2007.11.30)

(51) Int.Cl.		F I			
<b>HO 1 L</b>	<b>21/027</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 1 L</b>	21/30	5 4 1 S
<b>GO 1 B</b>	<b>15/00</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 1 B</b>	15/00	B
<b>GO 3 F</b>	<b>1/08</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 3 F</b>	1/08	M
<b>GO 3 F</b>	<b>7/20</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>GO 3 F</b>	7/20	5 2 1
<b>HO 1 J</b>	<b>37/305</b>	<b>(2006.01)</b>	<b>HO 1 J</b>	37/305	B

請求項の数 10 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2003-153251 (P2003-153251)  
 (22) 出願日 平成15年5月29日(2003.5.29)  
 (65) 公開番号 特開2004-356440 (P2004-356440A)  
 (43) 公開日 平成16年12月16日(2004.12.16)  
 審査請求日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(73) 特許権者 000002185  
 ソニー株式会社  
 東京都港区港南1丁目7番1号  
 (74) 代理人 100094053  
 弁理士 佐藤 隆久  
 (72) 発明者 大森 真二  
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ  
 ニー株式会社内  
 審査官 多田 達也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスク歪データの生成方法、露光方法および半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも1層の第1薄膜を有し、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクの前記第1薄膜におけるマスク歪データを生成する方法であって、  
 少なくとも1層の第2薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に前記第1位置精度計測用マークと同じ位置に第2位置精度計測用マークを形成し、前記第2薄膜に第3位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする工程と、  
 前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、  
 前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する工程と、  
 前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、  
 前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置から前記相関関数を用いて前記生産用マスクの前記第1薄膜におけるマスク歪データを生成する工程と  
 を有するマスク歪データの生成方法。

【請求項2】

前記生産用マスクと前記位置精度計測用マスクは、それぞれ前記薄膜と前記薄膜を格子状に支持する梁とを有しており、  
 前記第1位置精度計測用マークと前記第2位置精度計測用マークを前記梁の形成領域にそ

れぞれ形成する

請求項 1 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 3】

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置を計測する工程とにおいては、それぞれ前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜が上側を向くようにして、前記前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜の反対側から前記位置精度計測用マスクおよび前記生産用マスクを保持した状態で計測する

請求項 1 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 4】

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置を計測する工程とにおいては、それぞれ前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜が下側を向くようにして、前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜側から前記位置精度計測用マスクおよび前記生産用マスクを保持した状態で計測する

請求項 1 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 5】

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置を計測する工程とにおいては、それぞれ前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜が下側を向くようにして、前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜の反対側から前記位置精度計測用マスクおよび前記生産用マスクを保持した状態で計測する

請求項 1 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 6】

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置を計測する工程とにおいては、静電チャックあるいは吸引チャックによりそれぞれ前記位置精度計測用マスクおよび前記生産用マスクを保持した状態で計測する

請求項 1 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 7】

前記生産用マスクの前記第 1 薄膜におけるマスク歪データを生成する工程の後、前記第 2 薄膜および前記第 1 薄膜が上側を向いた状態から下側を向くようにしたときに前記位置精度計測用マスクおよび前記生産用マスクに発生する歪を示す関数を用いて前記マスク歪データを補正する工程をさらに有する

請求項 3 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 8】

前記荷電粒子線の透過部が前記第 1 薄膜に形成された貫通開口部である

請求項 1 に記載のマスク歪データの生成方法。

【請求項 9】

所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも 1 層の第 1 薄膜を有し、第 1 位置精度計測用マークが形成された生産用マスクを用いて前記パターンを露光する方法であって、

少なくとも 1 層の第 2 薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に前記第 1 位置精度計測用マークと同じ位置に第 2 位置精度計測用マークを形成し、前記第 2 薄膜に第 3 位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする工程と、

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する工程と、

前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、

10

20

30

40

50

前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置から前記相関関数を用いて前記生産用マスクの前記第 1 薄膜におけるマスク歪データを生成する工程と、  
前記第 1 薄膜におけるマスク歪を補正しながら、前記生産用マスクを用いて前記パターンを露光する工程と  
を有する露光方法。

【請求項 10】

所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも 1 層の第 1 薄膜を有し、第 1 位置精度計測用マークが形成された生産用マスクを用いて被露光ウエハに前記パターンを露光する工程を有する半導体装置の製造方法であって、

少なくとも 1 層の第 2 薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に前記第 1 位置精度計測用マークと同じ位置に第 2 位置精度計測用マークを形成し、前記第 2 薄膜に第 3 位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする工程と、

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、

前記位置精度計測用マスクの前記第 2 位置精度計測用マークと前記第 3 位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する工程と、

前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、

前記生産用マスクの前記第 1 位置精度計測用マークの位置から前記相関関数を用いて前記生産用マスクの前記第 1 薄膜におけるマスク歪データを生成する工程と、

前記第 1 薄膜におけるマスク歪を補正しながら、前記生産用マスクを用いて被露光ウエハに前記パターンを露光する工程と

を有する半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置製造のリソグラフィ工程で用いられるマスクの歪のデータの生成方法と、それを用いた露光方法、並びにそれを用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在半導体デバイスの量産に用いられているフォトリソグラフィ（主流は波長 248nm および 193nm）に続き、次世代リソグラフィ（NGL: next generation lithography）として開発が進められている電子線（EB: electron beam）やイオンビームという荷電粒子を用いたリソグラフィに用いられるマスクには共通点がある。

それは、マスクのもとになる基板に対して、厚さおよそ 10nm から 10 $\mu$ m の薄膜（メンブレン）を残すように裏面側から深くエッチングすることにより、パターンが形成される前のマスクであるマスクブランクスを形成し、得られた薄膜に対して転写すべきパターンを配置することである。

これらのマスクは機械的剛性の低いメンブレン領域を含むため、位置精度（IP: image placement）の高いパターンを形成する方法はもちろんのこと、マスクの歪を計測し、その情報を利用して IP 誤差を補正する技術が重要である。

【0003】

EB を用いる NGL の中で特に有力なのは、近接電子線転写リソグラフィ（PEL: proximity electron lithography）と電子線転写リソグラフィ（EPL: electron projection lithography）である。

この 2 つの手法について、PEL については非特許文献 1 などに、EPL については非特許文献 2 などに、それぞれ電子光学系やマスクなどの一般的な説明が記載されている。

【0004】

上述の PEL と EPL に用いられるマスクの中で、転写パターンが（1）メンブレンの開口により形成されるものはステンシルマスク（例えば非特許文献 2 参照）、（2）金属薄膜等の散乱体で形成されるものは散乱メンブレンマスク（例えば非特許文献 3 参照）と呼

10

20

30

40

50

ばれる。

前者のステンスルマスクはPELとEPLの両方に用いられるが、一方、散乱メンブレンマスクをPELに用いることはできない。なぜなら、PELは一般に数keV以下の低速EBを用いるので、メンブレンに入射したEBは全て吸収されてしまうからである。

【0005】

これらのマスクは機械的剛性の低いメンブレン領域を含むため、マスク領域全面を単一のメンブレンで構成するのではなく、格子状の梁で分割された多数の小画メンブレンから構成されるマスク構造が提案されており、例えば、PELマスクに対して特許文献1などに、EPLマスクに対して特許文献2に記載されている。

図14は上記の格子状の梁を有するマスクの模式斜視図である。格子状の梁100bにより、複数の凹部100aが構成され、これによって薄膜(メンブレン)102が多数の小画メンブレンに分割されている。薄膜102は梁100bで区画された小領域がそれぞれパターンが形成されるパターン領域PAとなる。

10

【0006】

上記の梁構造を有するマスクの製造方法としては、KOHなどのアルカリ溶液によるウェットエッチングを用いる方法や反応性イオンエッチングを用いる方法が特許文献3に記載されている。

【0007】

図15(a)は上記のステンスルマスクの模式断面図である。

シリコン基板110上に、エッチングストップ機能を有する中間層である埋め込み酸化物層111およびメンブレンになるシリコンの薄膜(SOI:siliconon insulator)112が形成された積層構造を有する。メンブレンに対応する部分の基板110は裏面からエッチングされて格子状に区画された凹部110aが形成され、格子状の梁110bが構成されている。

20

また、SOI層112にはマスクパターンに沿った貫通孔Pが形成されている。

【0008】

また、図15(b)は上記の散乱メンブレンマスクの模式断面図である。

シリコン基板120上にメンブレンとなる窒化シリコンの薄膜121が形成されており、メンブレンに対応する部分の基板120は裏面からエッチングされて格子状に区画された凹部120aが形成され、格子状の梁120bが構成されている。

30

また、薄膜121上に、例えば膜厚10nmのクロム膜122および膜厚50nmのタングステン膜123からなる散乱体パターン124がマスクパターンに沿って形成されている。

【0009】

PELやEPLに用いられるマスクのパターンをウエハに高精度に転写する方法として、マスクの歪を計測しておき、転写時にそれを補正することが考えられる。

このコンセプト自体は新しいものではなく、フォトリソグラフィにおいても用いられてきており、製造されたフォトマスクのIP精度は、LEICA社のLMS IPROあるいはニコン社の光波XY-6iと呼ばれる座標測定器によりルーチン的に計測されている。

40

【0010】

例えば、マスクパターンに3ppmの倍率誤差が計測されたならば、そのフォトマスクをステッパーもしくはスキャナーで露光する時に、露光装置の光学系を微調整して、その倍率誤差を補正することができる。

【0011】

しかしながら、PELやEPLのように荷電粒子を用いるリソグラフィでは、静電/磁場レンズにより入射粒子を高精度・高速に偏向させることができるので、より高度な補正が可能になると考えられる。

【0012】

PELの場合、EBを主偏向レンズと副偏向レンズを組み合わせることで、主偏向レンズによりEBをマスク領域上で走査させ、副偏向レンズによりEBの入射

50

角度をリアルタイムに変化させることで、マスクの歪を補正することができる（例えば特許文献4参照）。

一方、EPLの場合、図14のように梁100bで区切られた個々のメンブレンをサブフィールドと定義し、1回のEB照射でサブフィールドがウエハ上に転写され、ウエハ上でサブフィールドを次々に接続することでデバイスパターンを形成する方法を取っており、例えば特許文献5にはサブフィールドごとに歪を補正する方法が開示されている。

【0013】

PELの場合、マスク全域にわたる歪の情報をマップとして与え、測定データ点間を高次の関数で補間することにより、倍率、回転、直交性という線形な歪だけでなく、より高次の歪も補正することができるという利点がある。

10

一方、EPLの場合、サブフィールドごとの線形な歪のみが補正可能である。

【0014】

上記のPELとEPLのいずれの方法の場合も、まずはマスク歪を正確に計測することが重要である。ところが、一般に前述のLMS IPROなどの座標測定器用のマークをデバイスパターンが配置されている領域に配置することはできない。

従って、フォトマスクの場合は、いわゆるスクライブラインと呼ばれているチップ周辺領域（ウエハ上のチップをダイシングで切り離す時のマージン領域）に相当する部分に座標計測用マークを配置している。

図16は、スクライブラインに座標計測用マークを配置しているレイアウトの例である。チップ領域CRを区分するスクライブラインSL上に、座標計測用マークMKが配置されている。

20

座標計測用マークの数を多くして測定点を多くし、さらにマスク領域全体に均等に分布させる方が歪データの信頼性は高くなるが、座標計測用マークをスクライブライン上にしか配置できないという制約ゆえに、図16のように限られた数の座標計測用マークしか利用することができなかった。

【0015】

EPLにおいては、図14に示すように、マスクがもともと小画（典型的には約1mm角）のサブフィールドに分割されているということを利用して、サブフィールド間の梁の上に座標計測用マークを配置することが提案されている（特許文献6参照）。

上述のように、EPLではサブフィールドの線形歪のみを補正するので、各サブフィールドの四隅のマーク座標を測定すれば充分である。梁上のマークはウエハ上に転写されないため、計測点数を増やし、歪計測精度を向上させることができる。特許文献6に梁上マークの形成方法や配置方法が開示されている。

30

【0016】

【特許文献1】

特開2003-59819号公報

【特許文献2】

米国特許5523580号明細書

【特許文献3】

米国特許6428937号明細書

40

【特許文献4】

米国特許4334156号明細書

【特許文献5】

特開2000-124114号公報

【特許文献6】

米国特許6040095号明細書

【非特許文献1】

T.ウツミ(T. Utsumi), 「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・アンド・テクノロジー(Journal of Vacuum Science and Technology)」B17, p. 2897(1999)

50

## 【非特許文献2】

H. C. ファイファー (H. C. Pfeiffer), 「ジャパニーズ・ジャーナル・オブ・アプライド・フィジックス (Japanese Journal of Applied Physics)」34, p. 6658 (1995)

## 【非特許文献3】

L. R. ハリオット (L. R. Harriott), 「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・アンド・テクノロジー (Journal of Vacuum Science and Technology)」B15, p. 2130 (1997)

## 【非特許文献4】

S. P. チモシェンコ (S. P. Timochenko) と S. オイノウスキーグー (S. Woynowsky-Krieger), 「セオリー・オブ・プレート・アンド・シェルズ (Theory of plates and shells)」

10

## 【0017】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記の特許文献6に記載の方法では、歪計測の正確さに限界があり、PELやEPLを用いたデバイス生産に利用することが困難である。

すなわち、特許文献6の方法は、梁上マークとメンブレン内の実デバイスパターンは同じ歪関数で変位するので、前者の計測データにより後者の変位を補正することができるという仮定の上に成り立っている。しかしながら、この仮定は物理的に自明ではない上に、われわれの実測においても近似的にしか成り立たないことが明らかになった。

20

従って、梁上マークの計測だけではメンブレンの歪のより精密な計測はできない。特にPELの場合、マスク上のパターンは縮小されることなくウエハ上に転写されるので、歪データの誤差の影響はEPLよりも大きいと考えられる。そのため、特許文献6に述べられている方法をそのまま適用することが困難となっている。

## 【0018】

本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、従って本発明は、歪計測の正確さを向上させることができるマスク歪データの生成方法と、これを用いてマスク歪をより精密に補正して露光することができる露光方法、およびこれを用いた半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。

30

## 【0019】

## 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明のマスク歪データの生成方法は、所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも1層の第1薄膜を有し、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクの前記第1薄膜におけるマスク歪データを生成する方法であって、少なくとも1層の第2薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に前記第1位置精度計測用マークと同じ位置に第2位置精度計測用マークを形成し、前記第2薄膜に第3位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする工程と、前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する工程と、前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置から前記相関関数を用いて前記生産用マスクの前記第1薄膜におけるマスク歪データを生成する工程とを有する。

40

## 【0020】

上記の本発明のマスク歪データの生成方法は、所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも1層の第1薄膜を有し、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクの第1薄膜におけるマスク歪データを生成する方法である。

少なくとも1層の第2薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に第1位置精度計測用マークと同じ位置に第2位置精度計測用マークを形成し、第2薄膜に第3位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする。

50

次に、位置精度計測用マスクの第2位置精度計測用マークと第3位置精度計測用マークの位置を計測し、第2位置精度計測用マークと第3位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する。

次に、生産用マスクの第1位置精度計測用マークの位置を計測する。

次に、生産用マスクの第1位置精度計測用マークの位置から相関関数を用いて生産用マスクの第1薄膜におけるマスク歪データを生成する。

#### 【0021】

上記の目的を達成するため、本発明の露光方法は、所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも1層の第1薄膜を有し、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクを用いて前記パターンを露光する方法であって、少なくとも1層の第2薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に前記第1位置精度計測用マークと同じ位置に第2位置精度計測用マークを形成し、前記第2薄膜に第3位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする工程と、前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する工程と、前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置から前記相関関数を用いて前記生産用マスクの前記第1薄膜におけるマスク歪データを生成する工程と、前記第1薄膜におけるマスク歪を補正しながら、前記生産用マスクを用いて前記パターンを露光する工程とを有する。

#### 【0022】

上記の本発明の露光方法は、上記の本発明のマスク歪データの生成方法によりマスク歪データを生成した後、第1薄膜におけるマスク歪を補正しながら、生産用マスクを用いてパターンを露光する。

#### 【0023】

上記の目的を達成するため、本発明の半導体装置の製造方法は、所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも1層の第1薄膜を有し、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクを用いて被露光ウエハに前記パターンを露光する工程を有する半導体装置の製造方法であって、少なくとも1層の第2薄膜を有するマスクブランクスに、実質的に前記第1位置精度計測用マークと同じ位置に第2位置精度計測用マークを形成し、前記第2薄膜に第3位置精度計測用マークを形成して、位置精度計測用マスクとする工程と、前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記位置精度計測用マスクの前記第2位置精度計測用マークと前記第3位置精度計測用マークの位置の間の相関関数を算出する工程と、前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置を計測する工程と、前記生産用マスクの前記第1位置精度計測用マークの位置から前記相関関数を用いて前記生産用マスクの前記第1薄膜におけるマスク歪データを生成する工程と、前記第1薄膜におけるマスク歪を補正しながら、前記生産用マスクを用いて被露光ウエハに前記パターンを露光する工程とを有する。

#### 【0024】

上記の本発明の半導体装置の製造方法は、上記の本発明のマスク歪データの生成方法によりマスク歪データを生成した後、第1薄膜におけるマスク歪を補正しながら、生産用マスクを用いて被露光ウエハに前記パターンを露光する工程を有する。

#### 【0025】

##### 【発明の実施の形態】

以下に、本実施形態に係るマスク歪データの生成方法と、これを用いた露光方法および半導体装置の製造方法について、図面を参照して説明する。

#### 【0026】

##### 第1実施形態

本実施形態はLEEPL転写装置を用いて露光するためのPELマスクなどのマスクにお

10

20

30

40

50

ける歪データを生成する方法に関し、所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部が形成された少なくとも1層の第1薄膜を有し、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクにおける第1薄膜に設けられたパターンに係るマスク歪データを生成する方法である。

また、本実施形態は上記のマスクを用いてマスク歪データから歪を補正してパターンを露光する方法である。

【0027】

図1は本実施形態に係るマスク歪データの生成方法と、これを用いた露光方法を示すフローチャートである。

まず、第1ステップST11として、少なくとも1層の第2薄膜を有するマスクブランクスから位置精度計測用マスクを形成する。

ここで、第1薄膜に形成されているパターンの代わりに第2薄膜には位置精度計測用マークが形成されていることを除いて、位置精度計測用マスクは生産用マスクと同様の構成とする。即ち、第1薄膜と第2薄膜は同様の層構成であり、位置精度計測用マスクには実質的に第1位置精度計測用マークと同じ位置に第2位置精度計測用マークを形成し、第2薄膜にはパターンではなく第3位置精度計測用マークを形成する。

【0028】

次に、第2ステップST12として、例えばLMS IPROなどの座標測定器により、位置精度計測用マスクの第2位置精度計測用マークと第3位置精度計測用マークの位置を計測して、第3ステップST13として第2位置精度計測用マークのIPデータを取得し、かつ、第4ステップST14として第3位置精度計測用マークのIPデータを取得する。

【0029】

次に、第5ステップST15として、第2位置精度計測用マークのIPデータと第3位置精度計測用マークのIPデータ間の相関関数を算出する。

ここで、第1ステップST11から第5ステップST15までのステップに関して、マスクをモデル化した有限要素シミュレーションにより代用することも可能である。

【0030】

一方、第6ステップST16として、少なくとも1層の第1薄膜を有するマスクブランクスから生産用マスクを形成する。

ここで、生産用マスクには上述のように第1位置精度計測用マークを形成し、また、第1薄膜に所定のパターンで荷電粒子線の透過部と遮断部を形成する。

【0031】

次に、第7ステップST17として、第2ステップST12と同様に例えばLMS IPROなどの座標測定器により、生産用マスクの第1位置精度計測用マークの位置を計測して、第8ステップST18として第1位置精度計測用マークのIPデータを取得する。

【0032】

次に、第9ステップST19として、第5ステップST15において求めた第2位置精度計測用マークのIPデータと第3位置精度計測用マークのIPデータ間の相関関数を用いて、第7ステップST17で求めた第1位置精度計測用マークのIPデータから、生産用マスクの第1薄膜におけるマスク歪データを生成する。

以上のようにして、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクにおける第1薄膜に設けられたパターンに係るマスク歪データを生成する。

【0033】

さらに、上述の生産用マスクを用いてパターンを露光するには、以下のようにする。

即ち、第10ステップST20として、上記で得られた生産用マスクの第1薄膜におけるマスク歪データから、この生産用マスクを用いてパターンを露光するときのEB偏向条件などの露光装置の条件を補正する。

次に、第11ステップST21として、第10ステップST20で求めた露光装置の補正した条件を用いて、マスク歪を補正しながらパターン露光する。

10

20

30

40

50

以上のようにして、第1位置精度計測用マークが形成された生産用マスクの第1薄膜に設けられたパターンを露光する。

【0034】

次に、本実施形態に係るマスク歪データの生成方法および露光方法に係る生産用マスクと、位置精度計測用マスクの構成について説明する。

まず、生産用マスクについて説明する。

図2(a)は上記の生産用マスクの外観を示す平面図である。

この生産用マスクは、一辺が $2L$ の正方形のマスク領域を有し、マスク領域は一辺が $L$ の正方形A~Dに4分割され、それぞれが1相補マスクとなる。

図2(b)は、図2(a)のマスク領域の中央部を拡大した図である。幅 $L_{10b}$ の格子状の梁 $10b$ により、一辺が $L_{10a}$ の小画メンブレン領域となる凹部 $10a$ が区画されている。小画メンブレン領域のそれぞれに形成されているパターンについては省略している。例えば、凹部 $10a$ の一辺 $L_{10a}$ は $1050\mu\text{m}$ 、梁の幅 $L_{10b}$ は $200\mu\text{m}$ であり、マスク領域全体の一辺 $2L$ は $40\text{mm}$ である。

【0035】

また、図3は上記の生産用マスクの模式断面図である。

シリコン基板 $10$ 上に、エッチングストップ機能を有する中間層である埋め込み酸化膜(BOX:buried oxide) $11$ およびメンブレンになるシリコンの第1薄膜(SOI:silicon on insulator) $12$ が形成された積層構造を有する。メンブレンに対応する部分のシリコン基板 $10$ は裏面からエッチングされて格子状に区画された凹部 $10a$ が形成され、格子状の梁 $10b$ が構成されている。

格子状の梁 $10b$ で区分された凹部 $10a$ 領域におけるSOI層 $12$ には、マスクパターンに沿った貫通孔 $P$ が形成されている。

ここで、小画メンブレン領域となる凹部 $10a$ を区画する格子状の梁 $10b$ の形成領域において、SOI層 $10$ に第1位置精度計測用マーク $MK1$ が形成されている。

【0036】

また、図4は上記の生産用マスクの位置精度計測用マークのレイアウトを示す平面図である。

小画メンブレン領域となる凹部 $10a$ を区画する格子状の梁 $10b$ の形成領域において、第1位置精度計測用マーク $MK1$ が形成されている。

【0037】

ここで、第1位置精度計測用マーク $MK1$ は格子状の梁 $10b$ の形成領域であれば、図3に示すように梁 $10b$ の上方のSOI層 $12$ に形成されていても、SOI層 $12$ の形成面側とは反対側の面における梁 $10b$ の表面に形成されていてもよく、例えば第1位置精度計測用マーク $MK1$ の位置を計測するときの姿勢に応じて選択することができる。

図3に示すマスクパターンに沿った貫通孔 $P$ については、図4では省略している。

【0038】

一方、位置精度計測用マスクは上記の生産用マスクと同様の構成であるが、凹部 $10a$ 領域におけるSOI層にマスクパターンに沿った貫通孔が形成されている代わりに第3位置精度計測用マーク $MK3$ が形成されていることが異なる。

位置精度計測用マスクについて図3および図4を用いて説明する。

即ち、シリコン基板 $10$ 上にBOX層 $11$ および第2薄膜(SOI) $12'$ が積層しており、メンブレンに対応する部分のシリコン基板は裏面からエッチングされて格子状に区画された凹部 $10a$ が形成され、格子状の梁 $10b$ が構成されている。

ここで、図4に示すように、格子状の梁 $10b$ の形成領域において、第1位置精度計測用マーク $MK1$ と同様に、第2位置精度計測用マーク $MK2$ が形成されている。

また、格子状の梁 $10b$ で区分された凹部 $10a$ 領域におけるSOI層 $12'$ には第3位置精度計測用マーク $MK3$ が形成されており、図4においては詳細な図示を省略している。

【0039】

上記の第1位置精度計測用マークMK1および第2位置精度計測用マークMK2としては、例えば1つの凹部として区画された領域の周囲の梁10bの形成領域に20個のマークが形成されている。このように、図16に示す従来例におけるマークの数よりも大幅に多くのマークを配置することができ、これによってより高次の歪も計測でき、線形成分以外の高次の項まで補正できるようになる。

また、第3位置精度計測用マークMK3としては、格子状に区画された1つの凹部10a領域ごとに、例えば6 $\mu$ m角の正方形マークが500 $\mu$ mピッチで3 $\times$ 3個配置されている。

#### 【0040】

次に、上記のような構成の生産用マスクと位置精度計測用マスクの製造方法について説明する。例えば、特許文献1や本願出願人による出願(特願2001-370600号)に詳しく述べられている方法を好ましく採用することができる。

生産用マスクにおいては凹部10a領域におけるSOI層にマスクパターンに沿った貫通孔を形成し、位置精度計測用マスクにおいては第3位置精度計測用マークMK3を形成することを除いて、生産用マスクと位置精度計測用マスクは同様に形成することができる。

#### 【0041】

まず、図5(a)に示すように、例えばシリコン基板10上に、エッチングストッパ機能を有する中間層である埋め込み酸化膜(BOX層)11とメンブレンになるシリコン層(SOI層)12が積層して形成されたSOIウェハを準備する。SOIウェハの表面全体は自然酸化膜13で被覆されている。

上記の構成のSOIウェハに、ホウ素(B)を注入することで、メンブレン層の内部応力を調整する。

#### 【0042】

次に、図5(b)に示すように、例えばSOIウェハの周辺部において、所定のパターンでBOX層11に達するまでSOI層12を除去し、アライメントマークAMを形成する。

#### 【0043】

次に、図5(c)に示すように、シリコン基板の裏面上にレジスト膜(不図示)を成膜し、格子状のパターンに開口するように露光および現像し、RIE(反応性イオンエッチング)などのエッチング処理を行って、例えば格子状に区画されたパターンでシリコン基板10の裏面からBOX層11に達する凹部10aを形成する。このとき、シリコン基板10の格子状に残された部分が格子状の梁10bとなり、SOIウェハの周辺部においては、シリコン基板10が支持枠となる。

#### 【0044】

次に、図6(a)に示すように、レジスト膜(不図示)をアッシング処理などにより除去し、HF液によるウェットエッチングにより表面に露出した部分の酸化シリコンを除去する。即ち、自然酸化膜13と、凹部10a底部に露出したBOX膜11を除去する。

以上で、シリコン基板10上にBOX層11およびSOI層12が積層され、シリコン基板10裏面側からSOI層が露出するまで格子状に区画された凹部が形成されてなるマスクブランクが形成される。

#### 【0045】

次に、図6(b)に示すように、SOI層12の上層にレジスト膜Rを成膜し、生産用マスクの製造方法においては、形成しようとするマスクのマスクデータに沿って、例えば電子線露光などにより露光し、現像してパターンPを形成する。同時に、レジスト膜Rには第1位置精度計測用マークMK1についてもパターンを形成する。

#### 【0046】

次に、レジスト膜RをマスクとしてRIEなどのドライエッチングを施し、生産用マスクの製造方法においては、SOI層12に形成しようとするマスクのパターンPと第1位置精度計測用マークMK1を転写する。

この後、レジスト膜Rをアッシング処理による除去して、図6(c)に示す構成のマスク

10

20

30

40

50

を製造することができる。

【 0 0 4 7 】

一方、位置精度計測用マスクの製造方法においては、上記の生産用マスクの製造方法と同様に、図 6 ( a ) に示すように、シリコン基板 1 0 上に B O X 層 1 1 および S O I 層 1 2 ' が積層されたマスクブランク形成し、図 6 ( b ) に示すように、第 2 位置精度計測用マーク M K 2 および第 3 位置精度計測用マーク M K 3 のパターンに沿って露光し、現像して第 2 位置精度計測用マーク M K 2 および第 3 位置精度計測用マーク M K 3 のパターンを得る。

次に、図 6 ( c ) に示すように、S O I 層 1 2 ' に第 2 位置精度計測用マーク M K 2 および第 3 位置精度計測用マーク M K 3 のパターンを転写する。

10

【 0 0 4 8 】

本実施形態においては、上記のように形成した生産用マスクと位置精度計測用マスクを用いて、図 1 のフローチャートに示す手順により生産用マスクの歪データを生成することができる。このようにして生成されたマスク歪データは、後述の理由から歪計測の正確さを向上させることができる。

【 0 0 4 9 】

次に、得られた生産用マスクの歪データから、この生産用マスクを用いてパターンを露光するときにマスク歪をより精密に補正しながらパターン露光することができる露光方法について説明する。

【 0 0 5 0 】

20

図 7 は L E E P L に用いる露光システムの概略図である。

この露光システムは、電子銃 3 0、アパーチャー 3 1、コンデンサレンズ 3 2、一对の主偏向レンズ ( 3 3 , 3 4 ) および一对の副偏向レンズ ( 3 5 , 3 6 ) を有する。

【 0 0 5 1 】

電子銃 3 0 から、例えば E B 加速電圧 2 k e V で加速され、電流値 5 . 5  $\mu$  A、ビーム径 3 0 0  $\mu$  m の電子ビーム E B が出射され、アパーチャー 3 1 により径が制限され、コンデンサレンズ 3 2 により平行なビームにされる。

主偏向レンズ ( 3 3 , 3 4 ) は、電子ビーム E B が平行なままステンシルマスク 3 7 に垂直に入射するように、電子ビーム E B を偏向させる。

電子ビーム E B はラスタまたはベクトル走査モードのいずれかでステンシルマスク 3 7 に入射するが、いずれの場合も電子ビーム E B の偏向に主偏向レンズ ( 3 3 , 3 4 ) が用いられる。副偏向レンズ ( 3 5 , 3 6 ) は主偏向レンズ ( 3 3 , 3 4 ) によって偏向された電子ビーム E B をさらに微調整する。

30

ステンシルマスク 3 7 を透過した電子ビーム E B は、例えばシリコンウェーハ 3 8 上に設けられたレジスト膜 3 9 に照射され、パターン露光される。

本実施形態においては、得られた生産用マスクの歪データから、この生産用マスクを用いて、例えば副偏向レンズ ( 3 5 , 3 6 ) の条件を補正し、この補正した条件で露光することでマスク歪をより精密に補正しながらパターン露光することができる。

【 0 0 5 2 】

( 実施例 )

40

ここでは、本実施形態のマスク歪データの生成方法を P E L マスクに適用して、マスク歪データを生成した。

まず以下のようにして、生産用マスクと位置精度計測用マスクを形成した。

マスクブランク製造用の基板として、貼り合わせ法により作製された市販の 4 インチ ( 約 1 0 0 m m ) の S O I ウェーハを用いた。ウェーハ基板の厚みは 3 8 1  $\mu$  m ( マスクの平坦度を向上させるために両面研磨 )、B O X 層の厚みは 4 0 0 n m、S O I 層の厚みは 6 0 0 n m であり、S O I 層に  $1 0^{19} / c m^3$  のホウ素 ( B ) 原子を注入することで、メンブレン層の内部応力を 1 0 M P a に調整した。

上記の構成の S O I ウェーハに対して、図 5 ( a ) ~ ( c ) および図 6 ( a ) ~ ( c ) に示す工程により、図 2 および図 3 に示す構成の生産用マスクと位置精度計測用マスクを形成

50

した。

ここで、生産用マスクにおける第1位置精度計測用マークMK1と位置精度計測用マスクにおける第2位置精度計測用マークMK2は同一の構成として、梁10bの形成領域に形成した。

一方、生産用マスクにおいては格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に、形成しようとするマスクのパターンPを転写し、一方、位置精度計測用マスクにおいては、第3位置精度計測用マークのパターンを転写した。

#### 【0053】

以降の工程において、生産用マスクと位置精度計測用マスクは図8(a)および(b)に示すアルミニウム製フレームに接着して使用した。

10

図8(a)は上記のフレームの平面図であり、図8(b)は断面図である。

フレーム20は外周20aおよび内周20bを有するリング状であり、所定の径の位置で段差20cが形成されている。一辺2Lのマスク領域全体よりも広くなるように内径が設計されている。

上記のフレームに対して、段差20cよりもやや内側の領域の円周上の120°おきの3点においてエポキシ樹脂で生産用マスクと位置精度計測用マスクのそれぞれを接着した。

#### 【0054】

次に、まず位置精度計測用マスクについて、座標測定器(LMS IPRO)により格子状の梁の形成領域に形成された第2位置精度計測用マークと格子状の梁によって区画された凹部の形成領域におけるSOI層に形成された第3位置精度計測用マークの位置をそれぞれ計測して、第2位置精度計測用マークのIPデータと第3位置精度計測用マークのIPデータを取得した。

20

ここで、座標測定器で位置計測を行うにあたって、位置精度計測用マスクと生産用マスクの位置精度を計測できるように、新たにマスク保持用カセットを製作した。

図9(a)はマスク保持用カセットの平面図であり、図9(b)はマスク保持用カセットでマスクを保持したときの模式断面図である。

マスク保持用カセット21には、静電チャック21aが設けられており、それによりマスク領域21b(この場合中心40mm角)以外の外周部を静電チャックするようになっており、SOI層(第2薄膜)12'が上側を向くようにして、SOI層(第2薄膜)12'の反対側からマスクを保持した状態で計測する。尚、図9(b)においては第2位置精度計測用マークの図示を省略している。

30

また、静電チャックではなく吸引チャックが設けられている構成としてもよい。

これにより、ステンシルマスクを平坦化した状態で、マークのIP精度を測定することができる。

#### 【0055】

ここで、梁の形成領域に形成した第2位置精度計測マークMK2と格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に形成した第3位置精度計測用マークMK3の計測結果について、説明する。

図10(a)は梁の形成領域に形成した第2位置精度計測マークMK2の計測結果を示すグラフであり、実線は実測値を繋いだ線であり、破線は理想的な格子位置を示す線である。

40

尚、ここでは理想格子からのズレを見やすくするために、誤差は拡大して図示している。

#### 【0056】

一方、図10(b)は格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に形成した第3位置精度計測用マークMK3の計測結果を示すグラフであり、実線は実測値を繋いだ線であり、破線は理想的な格子位置を示す線である。

#### 【0057】

この図から分かるとおり、梁の形成領域に形成した第2位置精度計測マークMK2と格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に形成した第3位置精度計測用マークMK3のIP計測結果は類似しており、定性的には従来技術(特許文献6)の考え方を支持してい

50

るように見えるが、詳細にデータを解析すると、両者には最大約20nmの差異があることが分かった。

この誤差は、EPLのような1/4縮小投影法では5nm、PELでは20nmの誤差をウエハ上で生じる。従来技術は1/4縮小投影法ですら許容できない誤差を生じるのであるから、本実施例で用いた等倍法のPELで用いることはできない。

#### 【0058】

この誤差の原因としては次のことが考えられる。

梁の形成領域に形成した第2位置精度計測マークMK2と格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に形成した第3位置精度計測用マークMK3を同じ描画および加工プロセスで形成する場合、そのIP誤差は主としてEB描画機の精度で規定されるので、両者は類似するはずである。

10

しかし、EB描画機と座標測定器のステージにマスクを固定する場合、2つのステージで固定方法が厳密には同一ではないために、マスクの反りが矯正される度合いの相違により、マスクの形状(凹凸)が異なる。

梁の形成領域に形成した第2位置精度計測マークMK2は基本的に、材料力学の文献に述べられているように(例えば、非特許文献4(S. P. Timoshenko and S. Woinowsky-Krieger, "Theory of Plates and Shells")参照)、(マスク基板の傾斜角)×(基板厚さの半分)の面内変位を示す。

一方、格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に形成した第3位置精度計測用マークMK3は、凹部領域を取り囲む梁の変形を強制変位(境界条件)と考えた時に、SOI層内部で誘起される変位にしたがう。

20

上記のように、変位のメカニズムが異なるのだから、図10(a)および(b)に示したように両者が異なるのは物理的に当然である。

#### 【0059】

本実施例においては、次に、図10(a)および(b)に示す2つのデータから、第2位置精度計測用マークのIPデータと第3位置精度計測用マークのIPデータ間の相関関数を算出した。

本実施例では相関関数を実験的に算出したが、このプロセスを高精度な有限要素シミュレーションで代用することもできる。

#### 【0060】

30

次に、図9(a),(b)に示すように、位置精度計測用マスクの場合と同様にして、生産用マスクについて、座標測定器(LMS IPRO)により格子状の梁の形成領域に形成された第1位置精度計測用マークを計測して、第1位置精度計測用マークのIPデータを取得した。尚、図9(b)においては第1位置精度計測用マークの図示を省略している。

ここで、生産用マスクの計測にあたり、位置精度計測用マスクの計測で使用したものと同じカセットを用いて生産用マスクを保持した。

#### 【0061】

生産用マスクにおいて梁の形成領域に形成した第1位置精度計測マークMK1の計測結果について説明する。

図11は梁の形成領域に形成した第1位置精度計測マークMK1の計測結果を示すグラフであり、実線は実測値を繋いだ線であり、破線は理想的な格子位置を示す線であり、上記と同様、理想格子からのズレを見やすくするために、誤差は拡大して図示している。

40

#### 【0062】

上記のようにして第1位置精度計測用マークのIPデータを取得した後、上記のようにして求めた第2位置精度計測用マークのIPデータと第3位置精度計測用マークのIPデータ間の相関関数を用いて、生産用マスクのSOI層におけるマスク歪データを生成した。

#### 【0063】

次に、上記で得られた生産用マスクのSOI層におけるマスク歪データを用いて、LEEL転写装置の副偏向補正データを作成した。

得られた副偏向補正データに従ってARFリソグラフィで形成した下地回路パターン上に

50

PELでパターンを転写したところ、重ね合せ精度が平均50nm(3)から28nmに劇的に改善し、本実施形態に係るマスクの歪データの生成方法とこれを用いた露光方法が転写IP精度の向上に極めて有効であることが証明された。

#### 【0064】

上記のように、本実施形態においては、位置精度計測用マスクにおける梁の形成領域に形成した第2位置精度計測マークMK2と格子状に区画された凹部領域におけるSOI層に形成した第3位置精度計測用マークMK3から得られる歪関数の相関をあらかじめ調べておき、生産用マスクにおいて、梁の形成領域に形成した第1位置精度計測マークMK1のIP誤差を生産用マスクのSOI層におけるパターンのIP誤差に変換してから用いる。これにより、得られたパターンのIP誤差からこの生産用マスクを用いてパターンを露光するときのEB偏向条件などの露光装置の条件を補正し、マスク歪をより精密に補正しながらパターン露光することができる。

10

#### 【0065】

##### 第2実施形態

第1実施形態の補正精度をさらに向上させるため、生産用マスクのSOI層(第1薄膜)におけるマスク歪データを生成した後、位置精度計測用マスクと生産用マスクのそれぞれにおいて、第2薄膜および第1薄膜が上側を向いた状態から下側を向くようにしたときの位置精度計測用マスクおよび生産用マスクに発生する歪を示す関数を用いてマスク歪データを補正することが好ましい。

位置精度計測時と露光時とでマスクの上下位置が反転し、重力によるマスクのグローバルな変形によってIP誤差が生じる。このため、あらかじめ上下反転によるIPシフトを記述するパターン像伝達関数(ITF: image transfer function)を求めておき、その関数でマスクデータをシフトさせておくものである。なお、この方法についての詳細は、本願発明の出願人による特許出願(特願2002-092612号)に記載されている。

20

第1実施形態において得られる生産用マスクの歪データはSOI層が上側と向いた状態でのデータなので、実際の露光工程においてはSOI層が下側と向いた状態で用いることから、ITFで下向きのデータに換算してから副偏向補正データを作成すれば、さらに精度は向上する。

#### 【0066】

##### 第3実施形態

第2実施形態では、マスクのIP測定時と露光時のマスク姿勢の反転をITFで補正しているが、別の方法として、マスクのIP測定工程においてマスクの姿勢を露光時と同じ姿勢として行う方法がある。

30

即ち、位置精度計測用マスクおよび生産用マスクに対して、第1~第3位置精度計測用マーク(MK1~MK3)の位置計測を行うときに、第1薄膜あるいは第2薄膜が下側を向くように配置した姿勢でカセットに保持すれば、露光工程と同じ第1薄膜あるいは第2薄膜が下側を向いた姿勢での位置計測が可能となり、この状態で位置を計測すれば第2実施形態で示したITF関数を用いずにより正確に位置計測を行い、マスクの歪関数を生成することができる。

PELとEPLの露光装置では、マスクは下向きに実装されるが、静電チャックする面が異なるので、できる限り露光姿勢と同じ状態で位置計測を行うためには、それぞれで別設計のカセットを用いることが望ましい。

40

#### 【0067】

図12はEPL用マスクに対するマスク保持用カセットでPEL用マスクを保持したときの模式断面図である。

マスク保持用カセット22には、静電チャック22aが設けられており、また、マスク領域には凹部22bが形成されており、凹部を除く外周部を静電チャックするようになっている。

ここで、マスクのSOI層(12, 12')が下側を向くようにして、SOI層(12, 12')側から保持した状態で計測する。尚、図12においては第1および第2位置精度

50

計測用マークの図示を省略している。

また、静電チャックではなく吸引チャックが設けられている構成としてもよい。

EPL用マスクにおいて、露光工程におけるマスクの姿勢と保持状態を再現してIP計測を行うことで、より精密に歪データを生成することができる。

【0068】

図13はPEL用マスクに対するマスク保持用カセットでPEL用マスクを保持したときの模式断面図である。

マスク保持用カセットには、静電チャック23aが設けられており、それによりマスク領域23b以外の外周部を静電チャックするようになっており、マスクのSOI層(12, 12')が下側を向くようにして、SOI層(12, 12')とは反対側から保持され、ケース24に挿入された状態で計測する。尚、図13においては第1および第2位置精度計測用マークの図示を省略している。

また、静電チャックではなく吸引チャックが設けられている構成としてもよい。

PEL用マスクにおいて、露光工程におけるマスクの姿勢と保持状態を再現してIP計測を行うことで、より精密に歪データを生成することができる。

【0069】

本実施形態のマスク歪データの生成方法と、これを用いた露光方法によれば、以下の効果を楽しむことができる。

1. PELとEPLにおいて、生産用マスクに対して、デバイスパターンと干渉しない梁の形成領域内に形成された位置精度計測用マークにより、マスク歪が正確に計測できるようになる。

2. マスク歪が正確に計測できるようになることで、電子光学系の副偏向によるパターン位置補正の精度が向上する。

3. パターンの転写位置精度が向上することで、製造されるデバイスの歩留が向上する。

4. パターン位置補正精度が向上することで、マスク製造に対する位置精度要求仕様を緩和でき、マスクコストが低減し、デバイス製造コストが下がる。

【0070】

上記の本実施形態のマスクの製造方法を半導体装置の製造方法に適用することができる。即ち、本実施形態に係るマスクの歪データの生成方法により、生産用マスクの歪データを算出する。

次に、得られた歪データを補正するようにEBの副偏向レンズの補正条件を求め、この生産用マスクを用いてパターン露光し、マスクに形成されたパターンを感光面に転写する。以上で、本実施形態のマスクの製造方法を適用して、半導体装置を製造することができる。

【0071】

本発明は、上記の実施形態に限定されない。

例えば、本実施形態においては、ステンシルマスク(PELマスク)について説明したが、各種論文および特許により公知となっているマスク製造プロセスを適用することにより、各NGL用のマスクとすることができ、例えば、本発明はPELマスクに限らず、EPLマスクへの適用が可能である。

また、本発明のマスクの歪データの生成方法や露光方法は、被露光ウエハにパターン露光する工程を有する半導体装置の製造方法において、パターン露光するためのマスクに対する歪データの生成方法やそれを用いた露光方法として適用できる。

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0072】

【発明の効果】

本発明のマスクの歪データの生成方法は、歪計測の正確さを向上させることができる。

【0073】

本発明の露光方法は、本発明のマスクの歪データの生成方法を用いてマスク歪をより精密に補正して露光することができる。

## 【 0 0 7 4 】

本発明の半導体装置の製造方法は、本発明のマスクの歪データの生成方法とこれを用いた露光方法を用いて半導体装置を製造することができる。

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 図 1 は第 1 実施形態に係るマスク歪データの生成方法と、これを用いた露光方法を示すフローチャートである。

【 図 2 】 図 2 ( a ) は第 1 実施形態に係る生産用マスクおよび位置精度計測用マスクの外観を示す平面図であり、図 2 ( b ) は、図 2 ( a ) のマスク領域の中央部を拡大した図である。

【 図 3 】 図 3 は第 1 実施形態に係る生産用マスクおよび位置精度計測用マスクの模式断面図である。

【 図 4 】 図 4 は第 1 実施形態に係る生産用マスクおよび位置精度計測用マスクの位置精度計測用マークのレイアウトを示す平面図である。

【 図 5 】 図 5 ( a ) ~ ( c ) は、第 1 実施形態に係る生産用マスクと位置精度計測用マスクの製造方法を示す断面図である。

【 図 6 】 図 6 ( a ) ~ ( c ) は、第 1 実施形態に係る生産用マスクと位置精度計測用マスクの製造方法を示す断面図である。

【 図 7 】 図 7 は L E E P L に用いる露光システムの概略図である。

【 図 8 】 図 8 ( a ) は実施例 1 において用いたフレームの平面図であり、図 8 ( b ) は断面図である。

【 図 9 】 図 9 ( a ) は実施例 1 に係るマスク保持用カセットの平面図であり、図 9 ( b ) はマスク保持用カセットでマスクを保持したときの模式断面図である。

【 図 1 0 】 図 1 0 ( a ) は梁の形成領域に形成した第 2 位置精度計測マークの計測結果を示すグラフであり、図 1 0 ( b ) は格子状に区画された凹部領域における S O I 層に形成した第 3 位置精度計測用マークの計測結果を示すグラフである。

【 図 1 1 】 図 1 1 は梁の形成領域に形成した第 1 位置精度計測マークの計測結果を示すグラフである。

【 図 1 2 】 図 1 2 は第 3 実施形態に係るマスク保持用カセットでマスクを保持したときの模式断面図である。

【 図 1 3 】 図 1 3 は第 3 実施形態に係るマスク保持用カセットでマスクを保持したときの模式断面図である。

【 図 1 4 】 図 1 4 は従来例に係る格子状の梁を有するマスクの模式斜視図である。

【 図 1 5 】 図 1 5 ( a ) は従来例に係るステンシルマスクの模式断面図であり、図 1 5 ( b ) は従来例に係る散乱メンブレンマスクの模式断面図である。

【 図 1 6 】 図 1 6 は従来例に係るスクライプラインに座標計測用マークを配置しているレイアウトの例である。

## 【 符号の説明 】

1 0 ... シリコン基板、 1 0 a ... 凹部、 1 0 b ... 梁、 1 1 ... B O X 層、 1 2 , 1 2 ' ... S O I 層、 1 3 ... 自然酸化膜、 2 0 ... フレーム、 2 0 a ... 外周、 2 0 b ... 内周、 2 0 c ... 段差、 2 1 , 2 2 , 2 3 ... マスク保持用カセット、 2 1 a , 2 2 a , 2 3 a ... 静電チャック、 2 1 b ... マスク領域、 2 2 b ... 凹部、 2 4 ... ケース、 3 0 ... 電子銃、 3 1 ... アパーチャー、 3 2 ... コンデンサレンズ、 3 3 , 3 4 ... 主偏向レンズ、 3 5 , 3 6 ... 副偏向レンズ、 3 7 ... ステンシルマスク、 3 8 ... シリコンウェハ、 3 9 ... レジスト膜、 1 0 0 a ... 凹部、 1 0 0 b ... 梁、 1 0 2 ... 薄膜、 1 1 0 ... 基板、 1 1 0 a ... 凹部、 1 1 0 b ... 梁、 1 1 1 ... 埋め込み酸化物層、 1 1 2 ... S O I 層、 1 2 0 ... シリコン基板、 1 2 0 a ... 凹部、 1 2 0 b ... 梁、 1 2 1 ... 薄膜、 1 2 2 ... クロム膜、 1 2 3 ... タングステン膜、 1 2 4 ... 散乱体パターン、 E B ... 電子ビーム、 A M ... アライメントマーク、 P A ... パターン領域、 P ... パターン、 M K 1 ... 第 1 位置精度計測用マーク、 M K 2 ... 第 2 位置精度計測用マーク、 M K 3 ... 第 3 位置精度計測用マーク、 M K ... 座標計測用マーク、 C R ... チップ領域、 S L ... スクライプライン、 S T 1 1 ~ S T 2 1 ... ステップ。

10

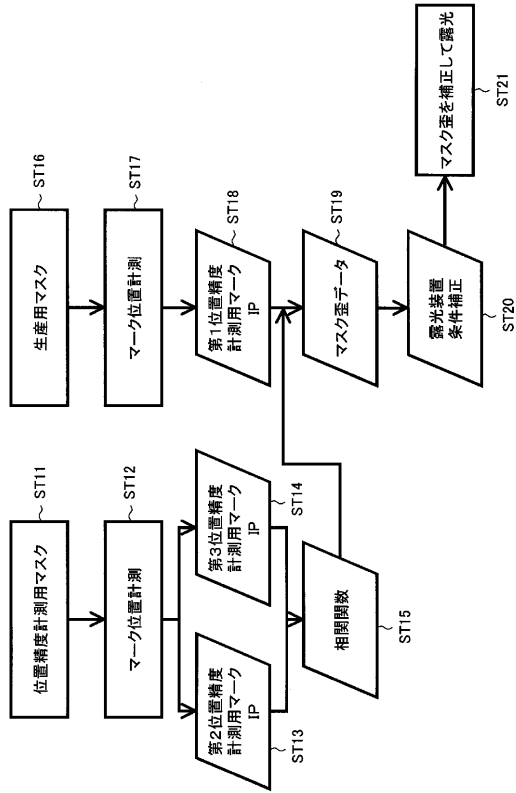
20

30

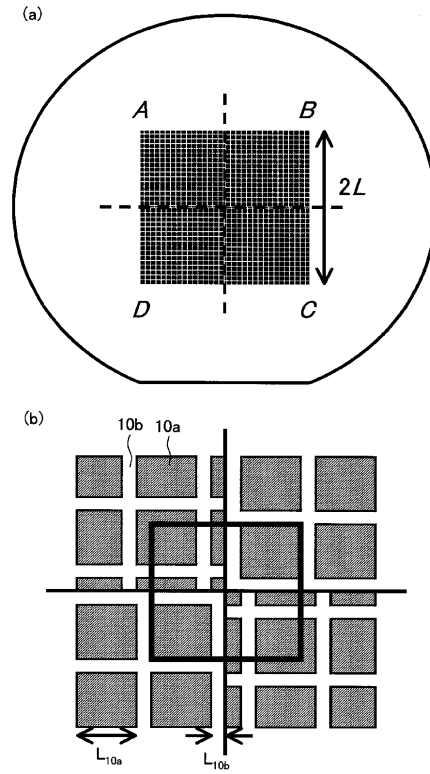
40

50

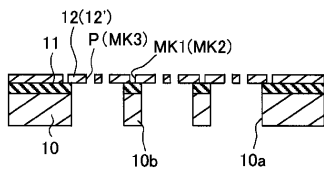
【 図 1 】



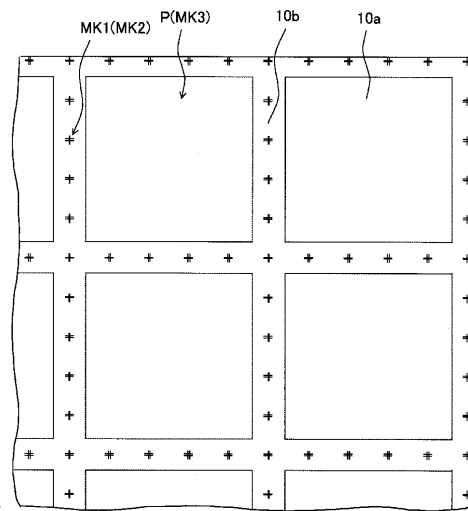
【 図 2 】



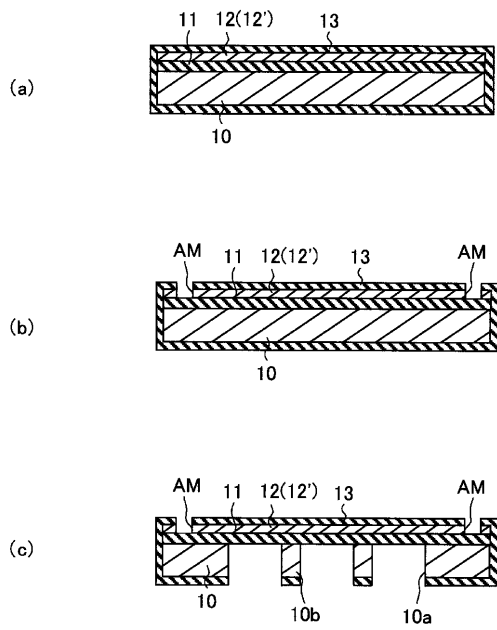
【 図 3 】



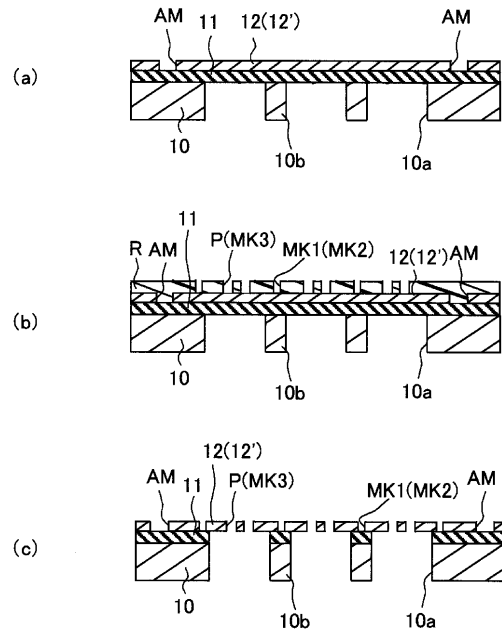
【 図 4 】



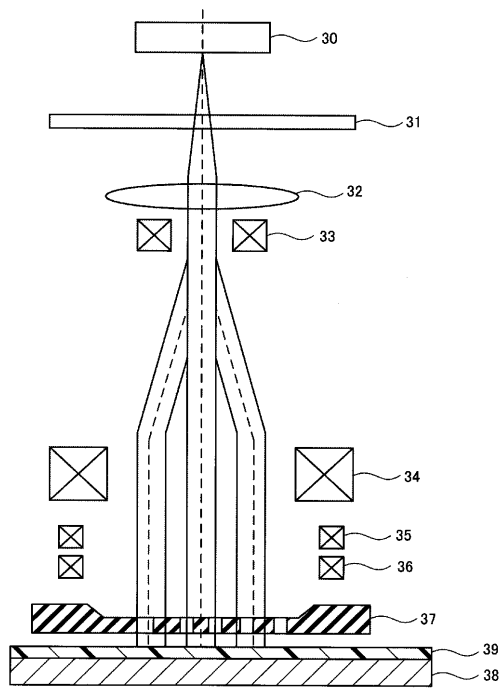
【 図 5 】



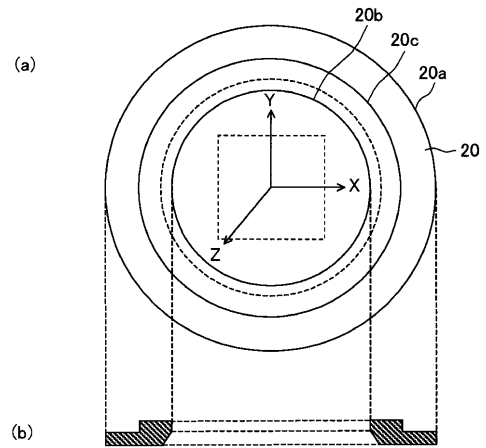
【 図 6 】



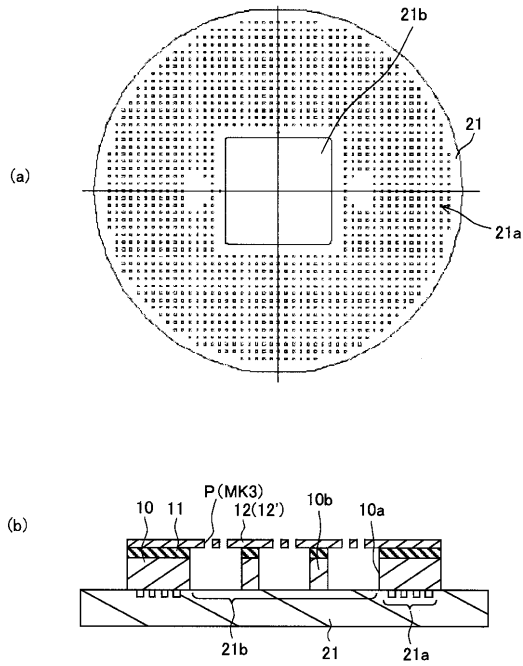
【 図 7 】



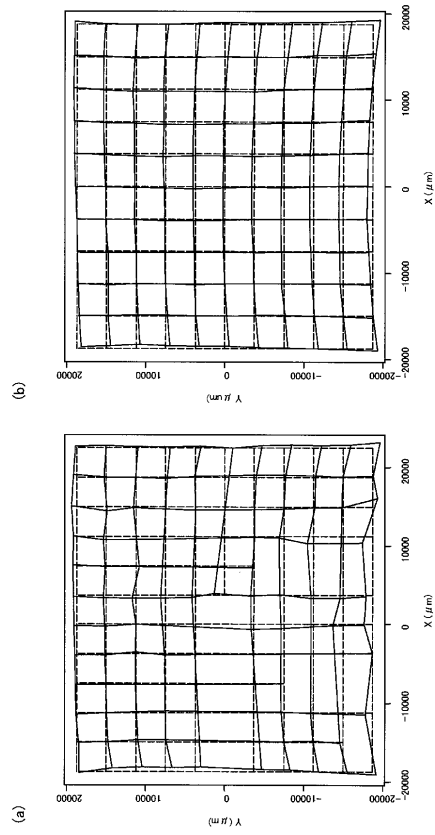
【 図 8 】



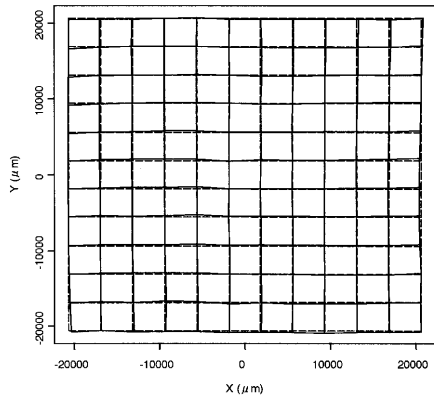
【 図 9 】



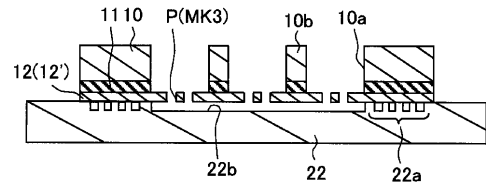
【 図 10 】



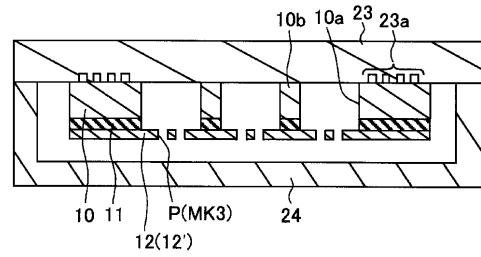
【 図 11 】



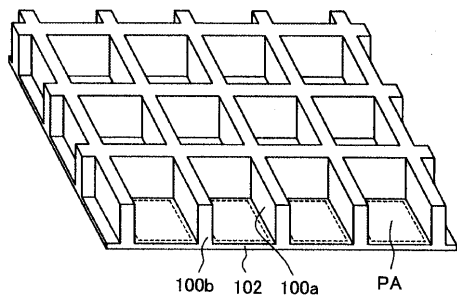
【 図 12 】



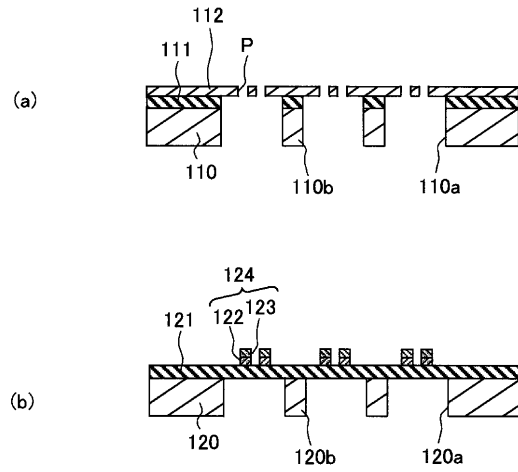
【 図 13 】



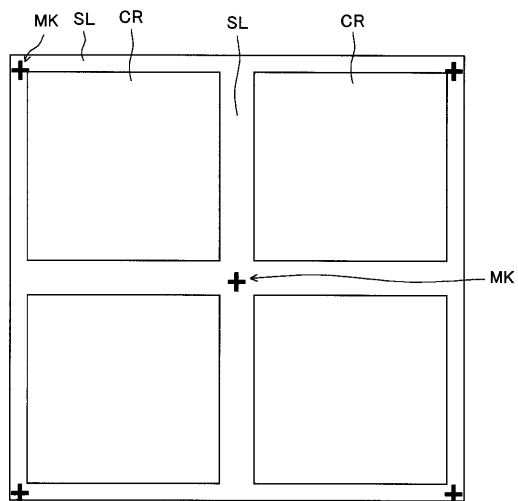
【 14 】



【 15 】



【 16 】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-319533(JP,A)  
特開2003-142367(JP,A)  
特開2003-077804(JP,A)  
特開平11-142121(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027