

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4912241号  
(P4912241)

(45) 発行日 平成24年4月11日(2012.4.11)

(24) 登録日 平成24年1月27日(2012.1.27)

(51) Int.Cl. F I  
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 2 6 A  
 HO 1 L 21/30 5 1 6 Z

請求項の数 11 外国語出願 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2007-181810 (P2007-181810)	(73) 特許権者	504151804
(22) 出願日	平成19年7月11日(2007.7.11)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー、 ブイ、
(65) 公開番号	特開2008-28389 (P2008-28389A)		オランダ国 ヴェルトホーフエン 550 4 ディー アール、デ ラン 6501
(43) 公開日	平成20年2月7日(2008.2.7)		
審査請求日	平成19年7月11日(2007.7.11)	(74) 代理人	100079108
(31) 優先権主張番号	11/488, 170		弁理士 稲葉 良幸
(32) 優先日	平成18年7月18日(2006.7.18)	(74) 代理人	100093861
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	デュサ, ミルチア
			アメリカ合衆国, カリフォルニア州 95 008-5134, カンベル, ウェストモ ント アベニュー 1645
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 インспекション方法およびインспекション装置、リソグラフィ装置、リソグラフィ処理セル  
 ならびにデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ターゲットパターンを基板上にプリントするリソグラフィプロセスの焦点及び線量を含むパラメータを測定する方法であって、

複数のキャリブレーションパターンを前記リソグラフィプロセスによって形成するために基準パターンのイメージをキャリブレーション基板の放射感応性層上に複数回投影するステップであって、前記パラメータの様々な値が、前記複数のキャリブレーションパターンの様々な値を形成するために使用され、前記基準パターンが、前記パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分及び第2部分を含み、前記第1部分は、第1のバー、及び前記第1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げる第1のアシストフィーチャを含み、前記第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を下げ、前記線量の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含むステップと、

インспекション放射ビームを前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの上に誘導し、そこから反射又は散乱された前記インспекション放射ビームを測定するステップと、

前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの前記第1部分で測定された前記インспекション放射ビームの散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの前記第2部分で測定された散乱角の関数として

の強度を示すスペクトルと、の差をとり、複数の差スペクトルを求めるステップと、

前記複数の差スペクトルのそれぞれを基底関数及び係数に分解し、前記係数の値と前記パラメータの値との関係をキャリブレーション関数として得るステップと、

ターゲットパターンを形成するために前記基準パターンのイメージを基板の放射感应性層上に投影するステップであって、前記ターゲットパターンを形成するために使用される前記パラメータの値は知られていないステップと、

前記インスペクション放射ビームを前記ターゲットパターン上に誘導し、そこから反射又は散乱された前記インスペクション放射ビームを測定するステップと、

前記ターゲットパターンの前記第1部分で測定された前記インスペクション放射ビームの散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、前記ターゲットパターンの前記第2部分で測定された散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、の差をとり、ターゲット差スペクトルを求めるステップと、

前記ターゲット差スペクトルを基底関数及び係数に分解し、前記キャリブレーション関数を使用して、前記ターゲットパターンを形成するために使用された前記パラメータの値を決定するステップと、

を含む方法であって、

前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの第1部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの第2部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、の両方が、前記キャリブレーションパターンの下層の構造体に依存する項を含み、

前記複数の差スペクトルのそれぞれを求めることにより、前記キャリブレーションパターンの下層の構造体に依存する項が除去され、かつ

前記ターゲットパターンの第1部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、前記ターゲットパターンの第2部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、の両方が、前記ターゲットパターンの下層の構造体に依存する項を含み、

前記ターゲット差スペクトルを求めることにより、前記ターゲットパターンの下層の構造体に依存する項が除去される

ことを特徴とする方法。

#### 【請求項2】

前記複数のキャリブレーションパターンを形成する際に前記リソグラフィプロセスの2つのパラメータが変えられ、それによって前記各パラメータの値と前記係数の値との間の関係が得られる、請求項1に記載の方法。

#### 【請求項3】

前記基準パターンの前記第1部分及び第2部分が、前記パラメータの所与の値では、それぞれが前記放射感应性層でほぼ同一のパターンを形成するように選択される、請求項1又は2に記載の方法。

#### 【請求項4】

前記ターゲットパターンの下にある前記構造体が前記キャリブレーションパターンの下にある前記構造体と異なる、請求項1乃至3のいずれか1項に記載の方法。

#### 【請求項5】

ターゲットパターンを基板上にプリントするリソグラフィプロセスの焦点及び線量を含むパラメータを測定する際に使用されるキャリブレーション関数を得る方法であって、

複数のキャリブレーションパターンを前記リソグラフィプロセスによって形成するために基準パターンのイメージをキャリブレーション基板の放射感应性層上に複数回投影するステップであって、前記パラメータの様々な値が、前記複数のキャリブレーションパターンの様々な値を形成するために使用され、前記基準パターンが、前記パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分及び第2部分を含み、前記第1部分は、第1のバー、及び前記第1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げる第1のアシストフィーチャを含み、前記第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する

10

20

30

40

50

感度を下げ、前記線量の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含むステップと、

インスペクション放射ビームを前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの上に誘導し、前記複数のキャリブレーションパターンから反射又は散乱された前記インスペクション放射ビームを測定するステップと、

前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの前記第1部分で測定された前記インスペクション放射ビームの散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、前記複数のキャリブレーションパターンのそれぞれの前記第2部分で測定された散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、の差をとり、複数の差スペクトルを求めるステップと、

前記複数の差スペクトルのそれぞれを基底関数及び係数に分解し、キャリブレーション関数として前記係数の値と前記パラメータの値との関係を得るステップと、  
を含む方法であって、

前記第1部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、前記第2部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、の両方が、前記キャリブレーションパターンの下層の構造体に依存する項を含み、

前記差をとることにより、前記キャリブレーションパターンの下層の構造体に依存する項が除去されることを特徴とする方法。

【請求項6】

ターゲットパターンを基板上にプリントするリソグラフィプロセスの焦点及び線量を含むパラメータを測定する方法であって、前記ターゲットパターンが、前記パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分及び第2部分を含み、前記第1部分は、第1のバー、及び前記第1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げる第1のアシストフィーチャを含み、前記第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を下げ、前記線量の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含み

インスペクション放射ビームを前記ターゲットパターン上に誘導し、そこからの反射又は散乱された前記インスペクション放射ビームを測定するステップと、

前記ターゲットパターンの前記第1部分で測定された前記インスペクション放射ビームの散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、前記ターゲットパターンの前記第2部分で測定された散乱角の関数としての強度を示すスペクトルと、の差をとり、差スペクトルを求めるステップと、

前記差スペクトルを基底関数及び係数に分解し、前記係数の値と前記パラメータの値との関係を表すキャリブレーション関数を使用して、前記ターゲットパターンを形成するために使用された前記パラメータの値を決定するステップと、

を含む方法であって、

前記第1部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、前記第2部分で測定されたスペクトルを表す多項式と、の両方が、前記ターゲットパターンの下層の構造体に依存する項を含み、

前記差をとることにより、前記ターゲットパターンの下層の構造体に依存する項が除去されることを特徴とする方法。

【請求項7】

リソグラフィプロセスの焦点及び線量を含むパラメータの値を決定するために、リソグラフィプロセスによって作製されたデバイス層をインスペクションする方法であって、

前記デバイス層内のターゲットパターンの、前記パラメータに対して異なる感度を有する2つの部分の散乱角の関数としての強度を示すスカトロメトリスペクトルを得るステップであって、前記2つの部分を構成する第1部分は、第1のバー、及び前記第1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げる第1のアシストフィーチャを含み、前記2つの部分を構成する第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を下げ

、前記線量の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含むステップと、  
前記2つのスカトロメトリスpekトルから差pekトルを得るステップと、  
少なくとも1つの係数を得るために前記差pekトルに回帰分析を与えるステップと、  
前記パラメータの複数の様々な値を使用して前記ターゲットパターンのコピーをプリン  
トし、前記ターゲットパターンの前記コピーから得られた散乱角の関数としての強度を示  
す差pekトルに回帰分析を与えることにより得られたキャリブレーション関数を使用し  
て、前記得られた係数から前記パラメータの値を得るステップと

を含む方法であって、

前記2つのスカトロメトリスpekトルを表す多項式のそれぞれが、前記ターゲットパ  
ターンの下層の構造体に依存する項を含み、

10

前記差pekトルを得ることにより、前記ターゲットパターンの下層の構造体に依存す  
る項が除去されることを特徴とする方法。

【請求項8】

前記回帰分析が、主構成要素分析、非線形主構成要素分析、部分最小二乗モデリング、  
及び非線形部分最小二乗モデリングからなるグループから選択される、請求項7に記載の  
方法。

【請求項9】

基板上にデバイス層を作製するために使用されるリソグラフィプロセスの焦点及び線量  
を含むパラメータの値を決定するように構成されたインスペクション装置であって、前記  
デバイス層が、前記パラメータの前記値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1  
部分及び第2部分を含む基準パターンを含み、前記第1部分は、第1のバー、及び前記第  
1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げ  
る第1のアシストフィーチャを含み、前記第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する  
第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を下げ、前記線量  
の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含み、

20

インスペクション放射ビームを前記基準パターンの各部分上に誘導するように構成され  
たイルミネーション光学システムと、

前記第1部分及び第2部分の散乱角の関数としての強度を示すスカトロメトリスpek  
トルを得るために、前記基準パターンの各部分によって反射又は散乱された放射をディテ  
クタ上に投影するように構成された投影光学システムと、

30

前記第1部分及び第2部分で測定された2つのスカトロメトリスpekトルから差pek  
トルを得るように構成されたpekトルサブトラクタと、

少なくとも1つの係数を得るために前記差pekトルに回帰分析を与えるように構成さ  
れたアナライザと、

前記パラメータの複数の様々な値を使用して前記ターゲットパターンのコピーをプリン  
トし、前記ターゲットパターンの前記コピーから得られた散乱角の関数としての強度を示  
す差pekトルに回帰分析を与えることにより得られたキャリブレーション関数を記憶す  
るメモリと、

前記得られた係数及び前記キャリブレーション関数を使用して前記パラメータの値を計  
算するように構成された計算器と、

40

を含むインスペクション装置であって、

前記2つのスカトロメトリスpekトルを表す多項式のそれぞれが、前記デバイス層の  
下層の構造体に依存する項を含み、

前記差pekトルを得ることにより、前記デバイス層の下層の構造体に依存する項が除  
去されることを特徴とするインスペクション装置。

【請求項10】

リソグラフィ装置であって、

パターンを照明するように構成されたイルミネーション光学システムと、

前記パターンのイメージを基板上に投影するように構成された投影光学システムと、

前記基板上にデバイス層を作製するために使用されるリソグラフィプロセスの焦点及び

50

線量を含むパラメータの値を決定するように構成されたインスペクション装置と、  
を含み、

前記デバイス層が、前記パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分及び第2部分を含む基準パターンを含み、前記第1部分は、第1のバー、及び前記第1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げる第1のアシストフィーチャを含み、前記第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を下げ、前記線量の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含み、前記イルミネーション光学システムがインスペクション放射ビームを前記基準パターンの各部分上に誘導するように構成され、

10

前記インスペクション装置が、

前記第1部分及び第2部分の散乱角の関数としての強度を示すスカトロメトリスペクトルを得るために前記基準パターンの各部分によって反射又は散乱された放射をディテクタ上に投影するように構成された投影光学システムと、

前記第1部分及び第2部分で測定された2つのスカトロメトリスペクトルから差スペクトルを得るように構成されたスペクトルサブトラクタと、

少なくとも1つの係数を得るために前記差スペクトルに回帰分析を与えるように構成されたアナライザと、

前記パラメータの複数の様々な値を使用して前記ターゲットパターンのコピーをプリントし、前記ターゲットパターンの前記コピーから得られた散乱角の関数としての強度を示す差スペクトルに回帰分析を与えることにより得られたキャリブレーション関数を記憶するメモリと、

20

前記得られた係数及び前記キャリブレーション関数を使用して前記パラメータの値を計算するように構成された計算器とを含む、

リソグラフィ装置であって、

前記2つのスカトロメトリスペクトルを表す多項式のそれぞれが、前記デバイス層の下層の構造体に依存する項を含み、

前記差スペクトルを得ることにより、前記デバイス層の下層の構造体に依存する項が除去されることを特徴とするリソグラフィ装置。

#### 【請求項11】

30

リソグラフィセルであって、

放射感应性層で基板をコーティングするように構成されたコートと、

前記コートによってコーティングされた基板の前記放射感应性層上にイメージを露光するように構成されたリソグラフィ装置と、

前記リソグラフィ装置によって露光されたイメージを現像するように構成されたディベロパーと、

を含み、

前記リソグラフィ装置が基板上でデバイス層を作製するために使用されるリソグラフィプロセスの焦点及び線量を含むパラメータの値を決定するように構成されたインスペクション装置を含み、

40

前記デバイス層が、前記パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分及び第2部分を含む基準パターンを含み、前記第1部分は、第1のバー、及び前記第1のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を上げ、前記線量の変化に対する感度を下げる第1のアシストフィーチャを含み、前記第2部分は、前記第1のバーと同じ幅を有する第2のバー、及び前記第2のバーの幅の前記焦点の変化に対する感度を下げ、前記線量の変化に対する感度を上げる第2のアシストフィーチャを含み、

前記インスペクション装置が、

インスペクション放射ビームを前記基準パターンの各部分上に誘導するように構成されたイルミネーション光学システムと、

前記第1部分及び第2部分の散乱角の関数としての強度を示すスカトロメトリスペ

50

クトルを得るために、前記基準パターン<sup>1</sup>の各部分によって反射又は散乱された放射をディテクタ上に投影するように構成された投影光学システムと、

前記第1部分及び第2部分で測定された2つのスキヤトロメトリスペクトルから差スペクトルを得るように構成されたスペクトルサブトラクタと、

少なくとも1つの係数を得るために前記差スペクトルに回帰分析を与えるように構成されたアナライザと、

前記パラメータの複数の様々な値を使用して前記ターゲットパターン<sup>1</sup>のコピーをプリントし、前記ターゲットパターン<sup>1</sup>の前記コピーから得られた散乱角の関数としての強度を示す差スペクトルに回帰分析を与えることにより得られたキャリブレーション関数を記憶するメモリと、

前記得られた係数及び前記キャリブレーション関数を使用して前記パラメータの値を計算するように構成された計算器と

を含む、

リソグラフィセルであって、

前記2つのスキヤトロメトリスペクトルを表す多項式のそれぞれが、前記デバイス層の下層の構造体に依存する項を含み、

前記差スペクトルを得ることにより、前記デバイス層の下層の構造体に依存する項が除去されることを特徴とするリソグラフィセル。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、たとえばリソグラフィ技術によるデバイスの製造において使用可能なインスペクションの方法、およびリソグラフィ技術を使用したデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] リソグラフィ装置は、基板上に、通常は基板のターゲット部分上に、所望のパターンをつける機械である。リソグラフィ装置は、たとえば集積回路（IC）の製造で使用されることができる。その場合、二者択一的にマスクまたはレチクルと呼ばれるパターンニングデバイスが、ICの個々の層上に形成されるべき回路パターンを生成するために使用されてもよい。このパターンは、基板（たとえば、シリコンウェーハ）上のターゲット部分（たとえば、1つまたは複数のダイの一部を含む）上に転写されることができる。パターンの転写は、通常、基板上に提供された放射感応性材料（レジスト）の層上に結像することによって行われる。一般に、単一の基板は、連続してパターンニングされる隣接するターゲット部分のネットワークを含む。既知のリソグラフィ装置は、ターゲット部分上にパターン全体を一度に露光することにより各ターゲット部分が照射されるステッパと、パターンを所与の方向（「スキヤニング」方向）に放射ビームでスキヤンし、同期して基板をこの方向と平行に、または反平行にスキヤンすることにより各ターゲット部分が照射されるスキヤナとを含む。パターンを基板上にインプリントすることにより、パターンをパターンニングデバイスから基板に転写することも可能である。

【0003】

[0003] リソグラフィプロセスをモニタリングするために、パターンニングされた基板のパラメータ、たとえば、基板内または基板上に形成された連続する層の間のオーバーレイエラーを測定することが必要である。走査型電子顕微鏡および様々なインスペクションツールの使用を含めて、リソグラフィプロセスで形成された顕微鏡的構造体の測定を行う様々な技法がある。インスペクションツールの1つの形態は、放射ビームが基板の表面上のターゲット上に誘導され、散乱または反射されたビームの特性が測定されるスキヤトロメータである。基板によって反射または散乱される前と後のビームの特性を比較することにより、基板の特性が判定されることができる。これは、たとえば、反射されたビームを、既知の基板特性に関連する既知の測定値のライブラリに記憶されているデータと比較する

10

20

30

40

50

ことにより行われることができる。スカトロメータの2つの主要なタイプが知られている。分光スカトロメータはブロードバンド放射ビームを基板上に誘導し、特定の狭い角度範囲中に散乱された放射のスペクトル（波長の関数としての強度）を測定する。角度分解スカトロメータは、単色放射ビームを使用し、角度の関数としての散乱された放射の強度を測定する。主要構成要素分析は、測定されるターゲットの計算集約的再構築の必要なしに、たとえば、スカトロメトリデータから焦点情報、線量情報および任意選択でコントラスト情報を得るために使用される既知の方法である。これは、様々な線量値、焦点値および任意選択でコントラスト値でテスト基板上にターゲットのキャリアレーションアレイをプリントすることにより達成される。スカトロメトリ測定は、その場合、アレイ内の各ターゲット上で行われる。次いで、測定結果は、主要構成要素値として知られている使用されるターゲットパターンおよび係数値に依存する、1組の主要構成要素関数として知られている直交基底関数に分解される。その場合、ターゲットをプリントするために使用される公称焦点値、線量値および任意選択でコントラスト値と主要構成要素値との関係を確認するために統計技法が使用されることができる。生産ターゲットでプリントされるターゲットの焦点値、線量値および任意選択でコントラスト値を得るためには、スカトロメトリ測定を行い、主要構成要素値を判定し、得られた関係を与えることが必要なだけである。この技法のさらなる詳細は、参照により全体として本明細書に組み込まれている米国特許出願公開2005/0185174号A1に出ている。

#### 【0004】

[0004] 主要構成要素値と、焦点値、線量値およびコントラスト値との関係は、ターゲットの下にある構造体に依存する。したがって、キャリアレーションアレイは、ターゲットが各製造プロセスで測定されるべき各層でプリントされ測定されなければならない、1つのプロセスで1つの層から得られた関係を別の層またはプロセスで再利用することは不可能である。

#### 【0005】

[0005] 主要構成要素分析技法の限界は、下にある構造体の意図的でない変化、たとえばキャリアレーション基板と測定される基板との間の層厚変化がかなりの誤差につながる可能性があることである。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

[0006] 下にある構造体の変化に対してそれほど敏感でないターゲット構造体のパラメータをスカトロメトリデータから判定する方法を提供することが望ましい。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

[0007] 本発明の一実施形態によれば、ターゲットパターンを基板上にプリントするリソグラフィプロセスのパラメータを測定する方法は、複数のキャリアレーションパターンをリソグラフィプロセスによって形成するためにキャリアレーション基板の放射感応性層上に基準パターンのイメージを複数回投影するステップであって、パラメータの様々な値がキャリアレーションパターンの様々な値を形成するために使用され、基準パターンが、パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分および第2部分を含むステップと、各キャリアレーションパターンの各部分に関する測定結果を得るために、インスペクション放射ビームをキャリアレーションパターン上に誘導し、そこからの反射または散乱された放射を測定するステップと、複数の差測定結果を得るために各キャリアレーションパターンの第1部分の測定結果をそれぞれのキャリアレーションパターンの第2部分の測定結果から引くステップと、各差測定結果を1組の基底関数と関連係数とに分解し、係数の値とパラメータの値との関係を得るステップと、ターゲットパターンを形成するために基板の感放射性層上に基準パターンのイメージを投影するステップであって、ターゲットパターンを形成するために使用されるパラメータの値が知られていないステップと、ターゲットパターンの各部分のターゲット測定結果を得るために、インスペクション

放射ビームをターゲットパターン上に誘導し、そこからの反射または散乱された放射を測定するステップと、ターゲット差測定結果を得るためにターゲットパターンの第1部分のターゲット測定結果をターゲットパターンの第2部分のターゲット測定結果から引くステップと、ターゲット差測定結果を、複数の基底関数に掛ける1組の係数に分解し、係数の値とパラメータの値との関係を使用して、ターゲットパターンを形成するために使用されるパラメータの値を決定するステップとを含む。

【0008】

[0008] 本発明の一実施形態によれば、ターゲットパターンを基板上にプリントするリソグラフィプロセスのパラメータを測定するのに使用すべくキャリブレーション関数を得る方法は、複数のキャリブレーションパターンをリソグラフィプロセスによって形成するために基準パターンのイメージをキャリブレーション基板の感放射層上に複数回投影するステップであって、様々なキャリブレーションパターンの値を形成するために様々なパラメータの値が使用され、基準パターンが、パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分および第2部分を含むステップと、インスペクション放射ビームをキャリブレーションパターン上に誘導し、各キャリブレーションパターンの各部分の測定結果を得るためにそこからの反射または散乱された放射を測定するステップと、複数の差測定結果を得るために各キャリブレーションパターンの第1部分の測定結果をそれぞれのキャリブレーションパターンの第2部分の測定結果から引くステップと、それぞれ異なる各差測定結果を1組の基底関数と関連係数に分解し、キャリブレーション関数として係数の値とパラメータの値との関係を得るステップとを含む。

【0009】

[0009] 本発明の一実施形態によれば、ターゲットパターンを基板上にプリントするリソグラフィプロセスのパラメータを測定する方法であって、基準パターンが、パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分および第2部分を含む方法は、ターゲットパターンの各部分のターゲット測定結果を得るために、インスペクション放射ビームをターゲットパターン上に誘導し、そこからの反射または散乱された放射を測定するステップと、ターゲット差測定結果を得るためにターゲットパターンの第1部分のターゲット測定結果をターゲットパターンの第2部分のターゲット測定結果から引くステップと、ターゲット差測定結果を1組の基底関数と関連係数に分解し、係数の値とパラメータの値との関係を表すキャリブレーション関数を使用して、ターゲットパターンを形成するために使用されるパラメータの値を決定するステップとを含む。

【0010】

[0010] 本発明の一実施形態によれば、デバイス製造方法は、リソグラフィプロセスを使用してデバイス構造体およびターゲットパターンを含むデバイス層を形成するためにデバイスパターンおよび基準パターンのイメージを基板の放射感応性層上に投影するステップであって、基準パターンが、リソグラフィプロセスのパラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分および第2部分を含むステップと、ターゲットパターンの各部分のターゲット測定結果を得るために、インスペクション放射ビームをターゲットパターン上に誘導し、そこからの反射または散乱された放射を測定するステップと、ターゲット差測定結果を得るためにターゲットパターンの第1部分のターゲット測定結果をターゲットパターンの第2部分のターゲット測定結果から引くステップと、ターゲット差測定結果を複数の基底関数に掛ける1組の係数に分解し、係数の値とパラメータの値との関係を表すキャリブレーション関数を使用してターゲットパターンを形成するために使用されるパラメータの値を決定するステップとを含む。

【0011】

[0011] 本発明の一実施形態によれば、リソグラフィプロセスのパラメータの値を決定するためにリソグラフィプロセスによって作製されるデバイス層をインスペクションする方法は、パラメータに対するそれぞれ異なる感度を有する2つの部分を含むターゲットパターンをデバイス層に含めるステップと、スキヤトロメータを使用して2つの部分のスキヤトロメトリスペクトルを得るステップと、2つのスキヤトロメトリスペクトルから差スベ

10

20

30

40

50



クトルを得るステップと、少なくとも1つの係数を得るために差スペクトルに回帰分析を与えるステップと、パラメータの複数の様々な値を使用してターゲットパターンのコピーをプリントし、ターゲットパターンのコピーから得られた差スペクトルに回帰分析を与えることにより得られたキャリブレーション関数を使用して係数からパラメータの値を得るステップとを含む。

【0012】

[0012] 本発明の一実施形態によれば、基板上にデバイス層を作製するために使用されるリソグラフィプロセスのパラメータの値を決定するように構成されたインスペクション装置であって、デバイス層が、パラメータの値の変化に対してそれぞれ異なる感度を有する第1部分および第2部分を含む基準パターンを含むインスペクション装置は、インスペクション放射ビームを基準パターンの各部分上に誘導するように構成されたイルミネーション光学システムと、2つの部分のスカトロメトリスペクトルを得るために、基準パターンの各部分によって反射または散乱された放射をディテクタ上に投影するように構成された投影光学システムと、2つのスカトロメトリスペクトルから差スペクトルを得るように構成されたスペクトルサブトラクタと、少なくとも1つの係数を得るために差スペクトルに回帰分析を与えるように構成されたアナライザと、パラメータの複数の様々な値を使用してターゲットパターンのコピーをプリントし、ターゲットパターンのコピーから得られた差スペクトルに回帰分析を与えることにより得られたキャリブレーション関数を記憶するメモリと、係数およびキャリブレーション関数を使用してパラメータの値を計算するように構成された計算器とを含む。

10

20

【0013】

[0013] 次に、本発明の諸実施形態が、対応する参照符号は対応する部分を示す添付の概略図面を参照しながら、例としてのみ説明される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

[0014] 図1aはリソグラフィ装置を概略的に示す。装置は、放射ビームB(たとえばUV放射またはEUV放射)を調整するように構成されたイルミネーションシステム(イルミネータ)ILを含む。支持体(たとえばマスクテーブル)MTは、パターンングデバイス(たとえばマスク)MAを支持するように構成され、ある決まったパラメータに従ってパターンングデバイスを正確に位置決めするように構成された第1ポジショナPMに接続される。基板テーブル(たとえばウェーハテーブル)WTは、基板(たとえばレジストをコートされたウェーハ)Wを保持するように構成され、ある決まったパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成された第2ポジショナPWに接続される。投影システム(たとえば屈折投影レンズシステム)PLは、パターンングデバイスMAによって放射ビームBに与えられたパターンを基板Wの(たとえば1つまたは複数のダイを含む)ターゲット部分C上に投影するように構成される。

30

【0015】

[0015] イルミネーションシステムは、放射を誘導、成形、かつ/あるいは制御するために、屈折、反射、磁気、電磁、静電またはその他のタイプの光学構成要素、あるいはそれらの任意の組合せなど、様々なタイプの光学構成要素を含んでもよい。

40

【0016】

[0016] 支持体はパターンングデバイスを支持する、たとえばパターンングデバイスの重量を支える。支持体は、パターンングデバイスの方向、リソグラフィ装置の設計、および、たとえば、パターンングデバイスが真空環境で保持されているか否かなど他の条件に応じたやり方でパターンングデバイスを保持する。支持体は、パターンングデバイスを保持するために機械、真空、静電またはその他のクランプ技法を使用することができる。支持体は、たとえば、必要に応じて固定されていても移動可能でもよいフレームでもテーブルでもよい。支持体は、パターンングデバイスが、たとえば投影システムに関して所望の位置にあることを保証することができる。本明細書における用語「レチクル」または「マスク」のいかなる使用も、より一般的な用語「パターンングデバイス」と同義であるとみな

50

されてもよい。

【 0 0 1 7 】

[0017] 本明細書で使用される用語「パターンニングデバイス」は、基板のターゲット部分でパターンを生成するように放射ビームの横断面にパターンを与えるために使用されることができ、いかなるデバイスをも指すと広く解釈されるべきである。放射ビームに与えられたパターンは、たとえばパターンが位相シフトフィーチャまたはいわゆるアシストフィーチャを含む場合は、基板のターゲット部分の所望のパターンに正確には対応しない可能性があることに留意されたい。一般に、放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などのターゲット部分で生成されるデバイス内の特定の機能層に対応する。

【 0 0 1 8 】

[0018] パターンニングデバイスは、透過型でも反射型でもよい。パターンニングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブルLCDパネルがある。マスクは、リソグラフィではよく知られており、バイナリ、Alternating位相シフト、およびAttenuated位相シフト、ならびに様々なハイブリッドマスクタイプなどのマスクタイプを含む。プログラマブルミラーアレイの例は、それぞれ入射放射ビームを様々な方向に反射するために個別に傾けられることができる小さなミラーのマトリックス構成を利用する。傾けられたミラーは、ミラーマトリックスによって反射される放射ビーム内にパターンを与える。

【 0 0 1 9 】

[0019] 本明細書で使用される用語「投影システム」は、使用される露光放射に、あるいは液浸液の使用または真空の使用などその他の要因に適した、屈折、反射、反射屈折、磁気、電磁気および静電光学システムまたはそれらのいかなる組合せをも含めて、いかなるタイプの投影システムをも包含すると広く解釈されるべきである。本明細書における用語「投影レンズ」のいかなる使用も、より一般的な用語「投影システム」と同義であるとみなされてもよい。

【 0 0 2 0 】

[0020] 本明細書に示されているように、装置は、(たとえば透過型マスクを利用する)透過型である。代替として、装置は、(たとえば、前述のようなタイプのプログラマブルミラーアレイを利用する、または反射型マスクを利用する)反射型のものでもよい。

【 0 0 2 1 】

[0021] リソグラフィ装置は、2つ(デュアルステージ)以上の基板テーブル(および/または2つ以上のマスクテーブル)を有するタイプのものでもよい。そのような「マルチステージ」機械では、追加のテーブルが同時に使用されてもよく、あるいは、1つまたは複数の他のテーブルが露光用に使用されている間に、準備ステップが1つまたは複数の別のテーブル上で実行されてもよい。

【 0 0 2 2 】

[0022] リソグラフィ装置はまた、基板の少なくとも一部分が、投影システムと基板との間の空間を充填するために、比較的高い屈折率を有する液体、たとえば水で、覆われてもよいタイプのものでよい。液浸液はまた、リソグラフィ装置内の他の空間に、たとえばマスクと投影システムとの間に与えられてもよい。投影システムの開口数を大きくするための液浸法は、当技術分野ではよく知られている。本明細書で使用される用語「液浸」は、基板などの構造体が液中に沈められなければならないことを意味するのではなく、露光中に液体が投影システムと基板との間に配置されることを意味するだけである。

【 0 0 2 3 】

[0023] 図1aを参照すると、イルミネータILは、放射源SOから放射を受ける。放射源およびリソグラフィ装置は、たとえば放射源がエキシマレーザである場合は、別々の存在物でもよい。そのような場合、放射源はリソグラフィ装置の一部分を形成するとみなされず、放射ビームは、たとえば適切な誘導ミラーおよび/またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムBDの助けを借りて、放射源SOからイルミネータILに送られる。他の場合には、放射源は、たとえば放射源が水銀ランプである場合、リソグラフィ

10

20

30

40

50

装置と一体的な構成部分でもよい。放射源 S O およびイルミネータ I L は、必要ならビームデリバリシステム B D と共に、放射システムと呼ばれてもよい。

【 0 0 2 4 】

[0024] イルミネータ I L は、放射ビームの角度強度分布を調整するアジャスタ A D を含んでもよい。一般に、イルミネータの瞳面内の強度分布の少なくとも（普通、それぞれ -outer および -inner と呼ばれる）外側および / または内側半径範囲は、調整されることができる。さらに、イルミネータ I L は、インテグレータ I N およびコンデンサ C O などその他の様々な構成要素を含んでもよい。イルミネータは、放射ビームをその横断面で所望の均一性および強度分布を有するように調整するために、使用されてもよい。

【 0 0 2 5 】

[0025] 放射ビーム B は、支持体（たとえばマスクテーブル M T ）上に保持されているパターンニングデバイス（たとえばマスク M A ）に入射し、パターンニングデバイスによってパターンニングされる。放射ビーム B は、マスク M A を横切った後、ビームを基板 W のターゲット部分 C 上に合焦する投影システム P L を通過する。基板テーブル W T は、第 2 ポジシヨナ P W およびポジションセンサ I F （たとえば干渉計デバイス、リニアエンコーダまたは容量センサ）の助けを借りて、たとえば様々なターゲット部分 C を放射ビーム B の経路内に位置決めするために、正確に移動されることができる。同様に、第 1 ポジシヨナ P M および別のポジションセンサ（図 1 a には明確には示されていない）は、たとえばマスクライブラリからの機械的取出し後に、またはスキャン中に、マスク M A を放射ビーム B の経路に関して正確に位置決めするために使用されることができる。一般に、マスクテーブル M T の移動は、第 1 ポジシヨナ P M の一部分を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）およびショートストロークモジュール（微動位置決め）の助けを借りて実現されてもよい。同様に、基板テーブル W T の移動は、第 2 ポジシヨナ P W の一部分を形成するロングストロークモジュールおよびショートストロークモジュールを使用して実現されてもよい。ステッパの場合（スキャナとは対照的に）、マスクテーブル M T は、ショートストロークモジュールだけに接続されてもよく、あるいは固定されてもよい。マスク M A および基板 W は、マスクアライメントマーク M 1、M 2 および基板アライメントマーク P 1、P 2 を使用してアラインされてもよい。図示されているような基板アライメントマークが専用ターゲット部分を占めるが、それらはターゲット部分間の空間に配置されてもよい（これらはスクライブレーンアライメントマークとして知られている）。同様に、マスク M A 上に複数のダイが提供されている場合は、マスクアライメントマークは、ダイ間に配置されてもよい。

【 0 0 2 6 】

[0026] 図示されている装置は、以下のモードのうちの少なくとも 1 つで使用されることができる。

1 . ステップモードでは、マスクテーブル M T および基板テーブル W T は、本質的に静止状態に保持され、放射ビームに与えられたパターン全体がターゲット部分 C 上に一度に投影される（すなわち、単一静止露光）。次いで、基板テーブル W T は、別のターゲット部分 C が露光されるように X および / または Y 方向に移動される。ステップモードでは、露光フィールドの最大のサイズが単一静止露光で結像されるターゲット部分 C のサイズを限定する。

2 . スキャンモードでは、マスクテーブル M T および基板テーブル W T が同期してスキャンされ、放射ビームに与えられたパターンがターゲット部分 C 上に投影される（すなわち、単一動的露光）。マスクテーブル M T に関する基板テーブル W T の速度および方向は、拡大率（縮小率）および投影システム P L のイメージ反転特性によって決定されてもよい。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズが単一動的露光におけるターゲット部分の（非スキャン方向の）幅を限定し、スキャン動作の長さがターゲット部分の（スキャン方向の）高さを決定する。

3 . 他のモードでは、マスクテーブル M T が本質的に静止状態に保持され、プログラマブルパターンニングデバイスを保持し、基板テーブル W T が移動またはスキャンされ、放射ビ

10

20

30

40

50

ームに与えられたパターンがターゲット部分C上に投影される。このモードでは、一般にパルス放射源が利用され、基板テーブルWTの各移動の後でまたはスキャン中の連続する放射パルスの中で、プログラマブルパターンングデバイスが必要に応じて更新される。この動作モードは、前述のようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターンングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に与えられることができる。

【0027】

[0027] 前述の使用モードに関する組合せおよび/または変形形態、あるいは、完全に異なる使用モードも利用されることができる。

【0028】

[0028] 図1bに示されているように、リソグラフィ装置LAは、基板上で露光前および露光後プロセスを行う装置も含むリソセルまたはクラスタと呼ばれることもあるリソグラフィセルLCの一部分を形成する。通常、これらは、レジスト層を堆積するスピコートSC、露光されたレジストを現像するディベロッパーDE、チルプレートCH、およびベークプレートBKを含む。基板ハンドラ、またはロボット、ROは、インプット/アウトプットポートI/O1、I/O2から基板をピックアップし、それらを様々なプロセス装置の間に移動し、次いでリソグラフィ装置のローディングベイLBに送達する。しばしばまとめてトラックと呼ばれるこれらのデバイスは、やはりリソグラフィ制御ユニットLACUによってリソグラフィ装置を制御する管理制御システムSCSによってそれ自体が制御されるトラック制御ユニットTCUの制御下にある。したがって、様々な装置がスルー

10

20

【0029】

[0029] リソグラフィ装置によって露光される基板が正しくむらなく露光されるために、次の層の間のオーバーレイエラー、ラインの厚さ、クリティカルディメンション(CD)などの特性を測定するために、露光された基板をインスペクションすることが望ましい。誤差が検出された場合、特に、同じバッチのその他の基板がまだ露光されるのに十分なほどすぐに、かつ速やかにインスペクションが行われることができる場合は、次の基板の露光に対して調整が行われてもよい。また、すでに露光された基板は、歩留まりを改善するために取り外されて再生されても廃棄されてもよく、それによって、不良であると知られている基板上への露光を行うことを回避する。基板のいくつかのターゲット部分だけが不良である場合は、さらなる露光は、良好なターゲット部分上でだけ行われる。

30

【0030】

[0030] 基板の特性、特に、様々な基板、または同じ基板の様々な層の特性が層によってどのように変わるかを判定するためにインスペクション装置が使用される。インスペクション装置は、リソグラフィ装置LAまたはリソセルLCに組み込まれてもよく、あるいはスタンドアロンデバイスでもよい。最も迅速な測定を可能にするには、インスペクション装置が、露光直後に露光されたレジスト層内の特性を測定することが望ましい。しかし、レジスト内の潜像は、非常に低いコントラストを有し、放射に露光されたレジストの部分と露光されなかった部分との間の屈折率には非常に小さな差しかない。全てのインスペクション装置が潜像の有用な測定を行うのに十分な感度を有しているわけではない。したがって、測定は、通例露光された基板上で実行される第1ステップであり、レジストの露光された部分と露光されていない部分との間のコントラストを増大する露光後ベークステップ(PEB)の後で行われてもよい。この段階では、レジスト内のイメージは半潜像と呼ばれてもよい。レジストの露光された部分または露光されていない部分のどちらもが除去された時点でも、またはエッチングなどのパターン転写ステップの後でも、現像されたレジストイメージの測定を行うことが可能である。後者の可能性が不良基板の再生の可能性を限定するが、それでもなお有用な情報を提供することができる。

40

【0031】

[0031] 図2は、本発明で使用されることができるスカトロメータを示す。スカトロメータは、放射を基板W上に投影するブロードバンド(白色光)放射プロジェクタ2を含

50

む。反射された放射は、鏡面反射放射のスペクトル10を測定する(すなわち、波長の関数としての強度の測定)分光ディテクタ4に送られる。このデータから、検出されたスペクトルを生じさせる構造体またはプロファイルが、たとえば厳密結合波解析(RCWA)および非線形回帰法によって、または図2の下部に示されているようなシミュレートされたスペクトルのライブラリとの比較によって、再構成されることができる。一般に、再構築では、構造体の一般的な形態は知られており、いくつかのパラメータは、構造体によって作られたプロセスの知識から推定され、スカトロメトリデータから決定されるべき構造体のパラメータは少しだけになる。そのようなスカトロメータは、垂直入射スカトロメータまたは斜め入射スカトロメータとして構成されてもよい。

【0032】

[0032] 本発明で使用されることができる他のスカトロメータが図3に示されている。このデバイスでは、放射源2によって放射された放射は、干渉フィルタ13および偏光板17を通してレンズシステム12を使用して合焦され、部分的に反射される表面16により反射され、高開口数(NA)、好ましくは少なくとも0.9、さらに好ましくは少なくとも0.95を有する顕微鏡対物レンズ15を介して基板W上に合焦される。液浸スカトロメータはさらに、1を超える開口数を有するレンズを有してもよい。次いで、反射された放射は半反射面16によってディテクタ18に進み、散乱スペクトルが検出される。ディテクタは、レンズシステム15の焦点距離のところにあるバック投影される瞳面11に配置されてもよいが、瞳面は、そうではなく、補助レンズ(図示されていない)を用いてディテクタ上に再結像されてもよい。瞳面は、そこにおいて放射の半径位置が入射角を定義し、角度位置が放射の方位角を定義する面である。ディテクタは、好ましくは、基板ターゲットの二次元角散乱スペクトル(すなわち、散乱角の関数としての強度の測定)が測定されることができるように、二次元ディテクタである。ディテクタ18は、たとえば、CCDまたはCMOSセンサのアレイでよく、たとえば、1フレームあたり40ミリ秒の積分時間でよい。

【0033】

[0033] 基準ビームは、たとえば入射放射の強度を測定するためによく使用される。これを行うために、放射ビームがビームスプリッタ16上に入射した場合、その一部分が基準ビームとしてビームスプリッタを介して基準ミラー14に向かって送られる。次いで、基準ビームが同じディテクタ18の別の部分上に投影される。

【0034】

[0034] たとえば、405~790nmの、さらには、200~300nmなどの、より短い範囲の関係波長を選択するために1組の干渉フィルタ13が利用可能である。干渉フィルタは、1組の様々なフィルタを含むのではなく、調整可能であってもよい。干渉フィルタの代わりに格子が使用されてもよい。

【0035】

[0035] ディテクタ18は、単一波長(または狭い波長範囲)の散乱光の強度、多波長のそれぞれの波長の強度、または全波長範囲にわたって集積された強度を測定することができる。さらに、ディテクタは、TM偏光およびTE偏光の強度、および/またはTM偏光とTE偏光との間の位相差を別々に測定することができる。

【0036】

[0036] ブロードバンド光源(すなわち、広範囲の光周波数または波長を有する光源)したがって、色の光源)を使用することが可能であり、これは大きな範囲を与え、多波長のミキシングを可能にする。ブロードバンド内の複数の波長は、好ましくは、それぞれの帯域幅および少なくとも2(すなわち波長帯域幅の2倍)のスペーシングを有する。複数の放射の「源」は、ファイババンドルを使用して分割された拡大放射源の様々な部分であってもよい。このようにして、多波長の角度分散散乱スペクトルが同時に測定されることができる。2-Dスペクトルより多くの情報を含む3-Dスペクトル(波長および2つの異なる角度)が測定されることができる。これは、より多くの情報が測定されることができるようにし、これは測定プロセスの強靭さを増強する。これは、参照により

10

20

30

40

50

本明細書に組み込まれている文書、欧州特許EP 1,628,164号Aにさらに詳細に記載されている。

【0037】

[0037] 基板W上のターゲットは、現像後に、バーがソリッドレジストラインで形成されるようにプリントされる格子でもよい。バーは、代替として、基板にエッチングされてもよい。ターゲットパターンは、関連パラメータの変化がプリントされたターゲットの変化として現れるように、リソグラフィ投影装置の焦点、線量、オーバーレイ、色収差などの関係パラメータに対して敏感なように選択される。

【0038】

[0038] 状況によってはプリントされたターゲットを再構築することによりスキットロメトリデータから直接プリントされたターゲットの関連パラメータを計算することも可能であるが、これは、常に計算的にインテンシブなタスクであり、実行できない場合が多い。したがって、スキットロメトリを使用する多くの方法では、スキットロメトリデータと関係パラメータの様々な値との経験的リンクを得るためにキャリブレーションが行われる。これは、プリントされたターゲットのスキットロメトリデータから焦点値および線量値を得る例示的方法として、図4～7を参照しながら下記で説明される本発明で取られるアプローチである。本発明は、収差など、リソグラフィプロセスのその他のパラメータに簡単なやり方で与えられることができる。

【0039】

[0039] 本発明の一実施形態によれば、ターゲットパターンは、関係パラメータの理想的な値でプリントされた場合は本質的に同一である2つの構成要素を含む。示されている例では、2つの構成要素は、同じ期間およびデューティ比を有するが、それぞれ異なるアシストフィーチャまたは補正特徴を有する格子G1、G2である。これらは図4の拡大部分にさらに詳細に示されている。格子G1は、バー10およびアシストフィーチャ11を有する。アシストフィーチャ11は、サブレゾリューションであり、その結果、プリントはしないが、たとえば、バーの幅の焦点変化に対する感度が上げられ、一方線量変化に対する感度は下げられ、好ましくは実質的になくされるようにバー10の焦点感度および線量感度を変更するように選択される。格子G2は、やはり、バー20およびアシストフィーチャ21を有するが、この場合、アシストフィーチャは、バー20の焦点感度を下げ、またはなくし、線量変化に対する感度を上げるように選択される。マスク内の両方の格子のバーおよびアシストフィーチャのサイズは、予め決められた焦点および線量設定で、2つのプリントされた格子が事実上同一であるように決定される。

【0040】

[0040] 図4に示されているように隣り合った格子G1およびG2を含むターゲットパターンが、キャリブレーション基板CW上のアレイで複数回プリントされる。それぞれ異なる場合のターゲットパターンが、それぞれ異なる組合せの焦点および線量の設定で露光される。これは図7に示されているステップS1である。便宜上、この例は、アレイの1つの方向に、たとえばxの方向に焦点が変化し、別の方向に、たとえばyの方向に線量が変化するように構成されている。格子は、G1(i,j)およびG2(i,j)と表されてもよく、この場合、iおよびjはそれぞれ1からmおよびnまで及ぶ添え字であって、mおよびnは等しくても等しくなくてもよい。そのような構成は焦点エネルギーマトリックス(FEM)として知られている。本発明では、キャリブレーションウェーハは、ペアシリコン(またはその他の半導体あるいは基板材料)でもよく、プロセス層がすでに形成されていてよい。キャリブレーション基板の下にある構造体は生産基板の下にある構造体とほぼ等しくなければならない。下にある構造体は、望ましくは、キャリブレーションアレイの全エリアにわたって同様である。

【0041】

[0041] キャリブレーションアレイの現像(図7のステップS2)後、スキットロメータSMがアレイ内の各ターゲットのスペクトルを測定するために使用される(ステップS3)。スキットロメータが十分に敏感であれば、現像ステップは省略されてもよく、あるいは

10

20

30

40

50

は露光後ベークに限定されてもよい。逆に、本発明は、ステップ S 2 がその場合エッチングなどのパターン転写ステップを含むことができるように、基板に転写されるパターンに与えられてもよい。しかし、下記でさらに議論される生産露光の測定は、キャリブレーションに使用されたのと同じ状態でターゲット上で実行されるべきであることに留意されたい。ステップ S 3 では、前述のようなものなど、スカトロメータのいかなる適切な形態が使用されてもよい。

【 0 0 4 2 】

[0042] 格子 G 1、G 2 の各ペアは、それぞれのスペクトル R 1、R 2 を提供する。図 3 に示されているタイプの角度分解スカトロメータが使用された場合、R 1 および R 2 は および の関数であり、この場合、 および は瞳面 1 1 の座標である。G 1 および G 2 は、予め決められたパラメータ値でプリントされる場合、事実上同一であるように設計されるので、それらの値におけるそれらのスカトロメトリスペクトルは同一になるが、パラメータ値が変動するにつれて変化することになり、この例では焦点および線量が予め決められた値から変化することになる。したがって、R 1 および R 2 は、以下のように表されることができる。

$$R1( \quad , \quad )=R0( \quad , \quad )+Z \cdot A1( \quad , \quad )+Z^2 \cdot B1( \quad , \quad )+E \cdot C1( \quad , \quad ) \quad (1)$$

$$R2( \quad , \quad )=R0( \quad , \quad )+Z \cdot A2( \quad , \quad )+Z^2 \cdot B2( \quad , \quad )+E \cdot C2( \quad , \quad ) \quad (2)$$

式中、R 0 は予め決められたパラメータでの反射スペクトルであり、関数 A 1、A 2、B 1、B 2、および C 1、C 2 は、それぞれ、格子 G 1 および G 2 に関する線形焦点変化によるスペクトル変化、二次焦点変化、および線量変化を示す。

【 0 0 4 3 】

[0043] R 0 は、たいていの場合、下にある構造体に強く依存するが、発明者らは、多くの場合、関数 A 1、A 2、B 1、B 2、および C 1、C 2 は、下にある構造体に弱くしか依存しないことを確認した。2つのスペクトルの歩留まりの差を取ると、

$$R \quad =R1-R2 \quad (3)$$

$$=Z \cdot (A1-A2)+Z^2 \cdot (B1-B2)+E \cdot (C1-C2) \quad (4)$$

【 0 0 4 4 】

[0044] 上の式から、主要誤差項 R 0 が除去されていることが分かる。したがって、本発明のこの実施形態では、ステップ S 4 で、格子の各ペアから得られた 2つのスペクトルが 1組の差スペクトルを提供するために引かれる。

【 0 0 4 5 】

[0045] 差スペクトルは、主要構成要素分析のためのインプットとして使用される。まず最初に、差スペクトルが分解され、適切な 1組の基底関数で表され(ステップ S 5)、次いで、焦点値および線量値と主要構成要素値との関係が得られる(ステップ S 6)。後者の関数は、下にある構造体の変化に対してそれほど敏感でないので、単一スペクトルから得られた関数より強靱である。他の関連回帰技法が利用されてもよく、例としては、非線形主要構成要素分析、部分最小二乗分析、および非線形部分最小二乗モデリングがある。

【 0 0 4 6 】

[0046] 続いて、測定を行うために、やはり図 7 に示されている対応するプロセスが行われる。形状がキャリブレーション格子 G 1、G 2 と同一の 1対のターゲット格子 T G 1、T G 2 がステップ S 1 1 で生産露光中に、たとえばデバイス構造体 D S 間のスクライプレン S L で基板上に露光される。2つの格子は、シリコン実装面積の過大な使用がないように、適切なスペクトルが獲得されることができるようにするために大きい必要はない。現像済みパターンまたは半潜像パターン上でキャリブレーションが行われた場合、レジストが現像され、または露光後ベークが行われ(ステップ S 1 2)、そうでない場合は、これらのステップは遅延される。

【 0 0 4 7 】

[0047] ステップ S 1 3 でスカトロメータ S M が 2つの格子 T G 1、T G 2 のそれぞれからスペクトルを得るために使用され、これらは次いで、別のスペクトルを得るために、ステップ S 1 4 で引かれる。キャリブレーションプロセスにおける場合と同様に、差スペ

10

20

30

40

50

クトルが主要構成要素分析を受ける。差スペクトルは、1組の係数（主要構成要素値）に分解され（ステップS15）、それらから、スカトロメータが接続されている図6に示されているデータベースDBに記憶されているステップS6で得られた関数を使用することにより、焦点値および線量値が得られることができる（ステップS16）。

【0048】

[0048] 次に、図10～12はシミュレートされた結果を示す図8～12を参照しながら、本発明による方法で使用されることができる例示的ターゲットパターンが説明される。2つの基準パターン、陽極性のものおよび陰極性のものは、図8にそれぞれAおよびBとして示されていて、明るい背景上の暗い線、または暗い背景上に明るい線で形成された簡単な一次元格子を含む。焦点感度および線量感度を制御するためにアシストラインが追加され、結果として、4つの格子、陽極性のもの2つおよび陰極性のもの2つになる。これらは、図8にC、D、EおよびFとして示されている。したがって、高焦点感度ではあるが低線量感度の陽格子および陰格子、ならびに低焦点感度でかつ高線量感度の陽格子および陰格子が存在する。図9に示されているように、アシストフィーチャの線幅 $W_a$ 、ならびにアシストフィーチャとメインラインとの間のスペーシング $S_{a1}$ および $S_{a2}$ は、所望の焦点感度および線量感度を達成するように変えられることができる。メイン特徴の線幅 $W_m$ およびピッチ $P_m$ は、ターゲットパターンの振る舞いが生産露光プロセスで露光されるべきデバイスパターンの振る舞いと同様であることを保証するように変えられる。

10

【0049】

[0049] 図10は、高焦点感度パターン（実線、菱形）および低焦点感度パターン（破線、正方形）の側壁角度の変化によって表されたデフォーカスに対する感度を示す。同様に、図11は、高線量感度パターン（実線、三角形）および低線量感度パターン（破線、正方形）の、mid-CDでの変化によって表された線量に対する感度を示す。図12は、陽極パターン（破線、正方形）および陰極パターン（実線、菱形）のデフォーカスに対する逆感度を示す。

20

【0050】

[0050] 側壁角度およびmid-CDは、スカトロメータによって容易に獲得可能なパラメータなので、前述のようなパターンは本発明の方法で有用であることが分かる。

【0051】

[0051] 本明細書でICの製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及することもあるが、本明細書に記載のリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁気領域メモリ用誘導および検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッドなどの製造など、その他の利用形態を有してもよいことを理解されたい。そのような代替利用形態のコンテキストでは、本明細書における用語「ウェーハ」または「ダイ」のいかなる使用も、それぞれ、より一般的な用語「基板」または「ターゲット部分」と同義であるとみなされてもよいことを理解されたい。本明細書で言及される基板は、露光前または後で、たとえば、トラック（通常、レジストの層を基板に付け、露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジツール、および/またはインスペクションツールで処理されてもよい。適用可能な場合には、本明細書中の開示は、上記の基板処理ツールおよびその他の基板処理ツールに適用されてもよい。さらに、基板は、本明細書で使用される基板という用語が、すでに複数回処理された層を含む基板を指すこともできるように、たとえば多層ICを生成するために複数回処理されてもよい。

30

40

【0052】

[0052] 光学リソグラフィのコンテキストで本発明の諸実施形態の使用に上記で特に言及したこともあるが、本発明が、その他の利用形態、たとえばインプリントリソグラフィに使用されてもよく、状況が許せば、光学リソグラフィに限定されないことを理解されたい。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイスにおけるトポグラフィが基板上に生成されるパターンを定義する。パターンングデバイスのトポグラフィは、レジストが電磁放射、熱、圧力またはそれらの組合せを与えることにより硬化される、基板に与えられたレジストの層にプレスされる。パターンングデバイスは、レジストが硬化された後で

50



そこにパターンを残してレジストから取り外される。

【0053】

[0053] 本明細書で使用される用語「放射」および「ビーム」は、(たとえば、365、355、248、193、157または126nmの、あるいはほぼそれらの波長を有する)紫外(UV)放射、および(5~20nmの範囲内の波長を有する)極端紫外(EUV)放射、ならびに、イオンビームまたは電子ビームなどの粒子ビームを含めて、全てのタイプの電磁放射を包含する。

【0054】

[0054] 用語「レンズ」は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁、静電光学構成要素を含む様々なタイプの光学構成要素のいずれか1つまたは組合せを指してもよい。

10

【0055】

[0055] 本発明の特定の実施形態が上記で説明されてきたが、本発明は説明された以外の方法で実施されてもよいことが理解されるであろう。たとえば、本発明は、上記で開示されたような方法を記載した機械読取可能命令の1つまたは複数のシーケンスが入っているコンピュータプログラム、または、そのようなコンピュータプログラムがその中に記憶されているデータ記憶媒体(たとえば半導体メモリ、磁気または光ディスク)の形態を取ってもよい。

【0056】

[0056] 上記の説明は、例示的であることを意図するものであって、限定的であることを意図するものではない。したがって、添付の特許請求の範囲の範囲から逸脱することなく、説明された本発明に対して変更がなされてもよいことは、当業者には明らかであろう。

20

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1a】本発明の一実施形態によるリソグラフィ装置を示す図である。

【図1b】本発明の一実施形態によるリソグラフィセルまたはクラスタを示す図である。

【図2】本発明で使用されてもよい第1スカトロメータを示す図である。

【図3】本発明で使用されてもよい第2スカトロメータを示す図である。

【図4】本発明の一実施形態による方法で基板上にプリントされたキャリブレーションマトリックスを示す図である。

【図5】本発明の一実施形態による方法で生産基板上にプリントされたターゲットを示す図である。

30

【図6】本発明の一実施形態によるインスペクションツールを示す図である。

【図7】本発明の一実施形態による方法の流れ図である。

【図8】本発明の一実施形態による方法の例で使用されるテストパターンを示す図である。

【図9】図8の例で使用されるテストパターンで変えられることができる寸法を示す図である。

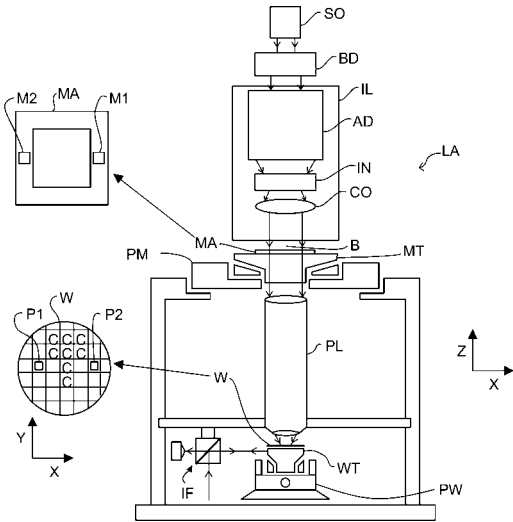
【図10】図8の例でシミュレートされたテスト結果を示す図である。

【図11】図8の例でシミュレートされたテスト結果を示す図である。

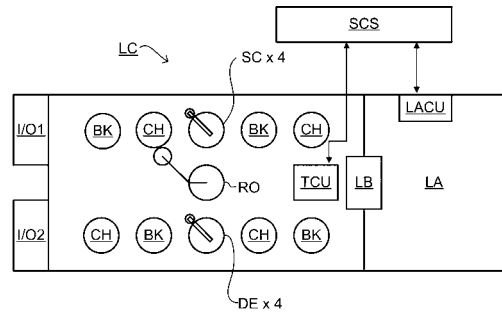
【図12】図8の例でシミュレートされたテスト結果を示す図である。

40

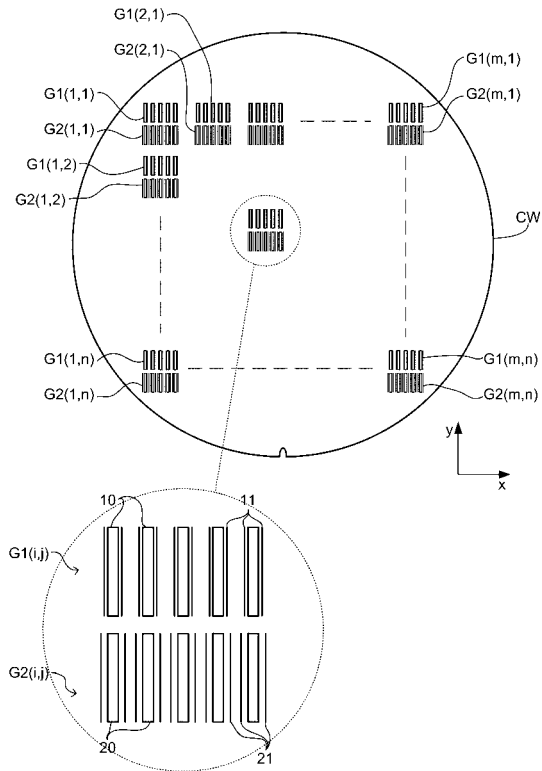
【図1a】



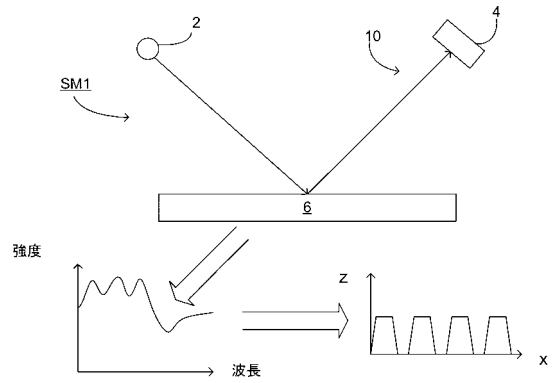
【図1b】



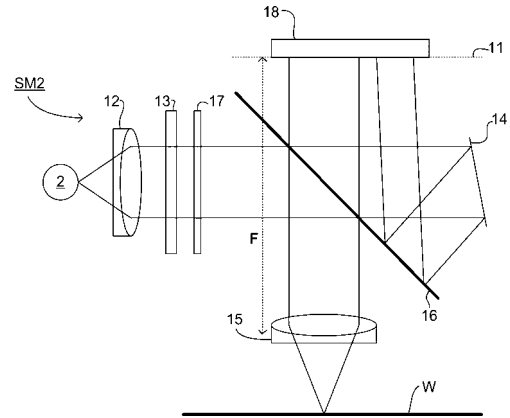
【図4】



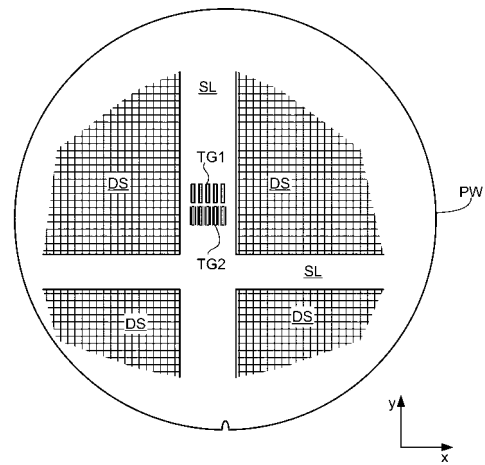
【図2】



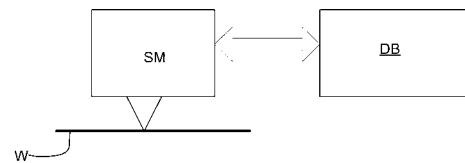
【図3】



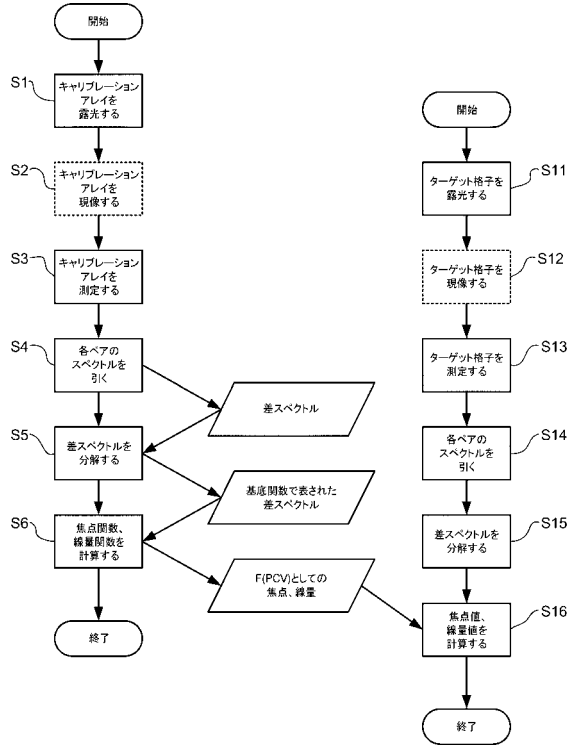
【図5】



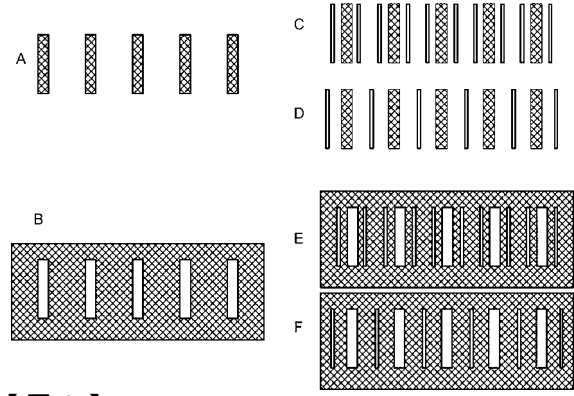
【図6】



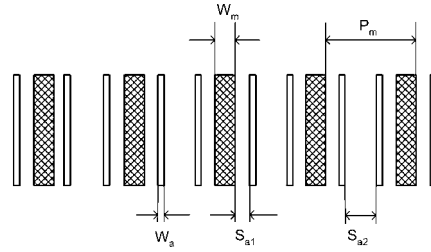
【図7】



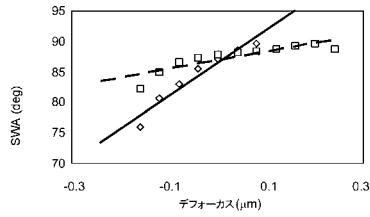
【図8】



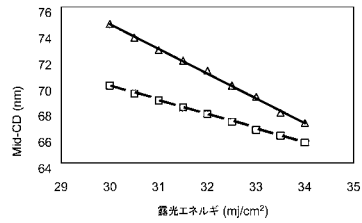
【図9】



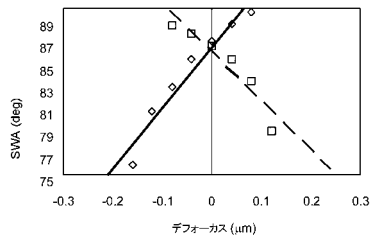
【図10】



【図11】



【図12】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 デン ボーフ, アリー, ジェフリー  
オランダ国, ヴァールレ エヌエル - 5 5 8 1 エヌエー, エイケンラン 1 8
- (72)発明者 クラメル, フーゴ, アウグスティヌス, ヨセフ  
オランダ国, アイントホーフエン エヌエル - 5 6 4 6 エイチビー, ディープメールフェン 7  
2

審査官 秋田 将行

- (56)参考文献 特開平07 - 3 2 6 5 6 3 ( J P , A )  
特開平08 - 2 6 4 4 0 9 ( J P , A )  
特開平10 - 1 5 4 6 4 7 ( J P , A )  
特開2003 - 1 6 8 6 4 1 ( J P , A )  
特開2006 - 0 4 0 9 5 1 ( J P , A )  
米国特許出願公開第2005 / 0 1 8 5 1 7 4 ( U S , A 1 )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)  
H 0 1 L 2 1 / 0 2 7