

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3972035号

(P3972035)

(45) 発行日 平成19年9月5日(2007.9.5)

(24) 登録日 平成19年6月15日(2007.6.15)

(51) Int. Cl.	F I	
G03F 1/08 (2006.01)	G03F 1/08	S
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20	521
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30	502V

請求項の数 11 外国語出願 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-408155 (P2003-408155)	(73) 特許権者	504151804
(22) 出願日	平成15年10月31日(2003.10.31)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー.
(65) 公開番号	特開2004-287400 (P2004-287400A)		ブイ.
(43) 公開日	平成16年10月14日(2004.10.14)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
審査請求日	平成15年10月31日(2003.10.31)		4 ディー アール, デ ラン 6501
(31) 優先権主張番号	02257610.2	(74) 代理人	100079108
(32) 優先日	平成14年11月1日(2002.11.1)		弁理士 稲葉 良幸
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100093861
前置審査			弁理士 大賀 真司
		(74) 代理人	100109346
			弁理士 大貫 敏史
		(72) 発明者	マーシア ドゥーサ
			アメリカ合衆国 カリフォルニア、キャン
			ベル、 ウェストモント アヴェニュー
			1645
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 検査方法とデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

検査方法において、該検査方法が、

リソグラフィ装置を使用して、互いに異なる第1及び第2のパターン構成要素(G1, G2)を含むテストパターンを、基板(W)にプリントする段階と、

リソグラフィ装置を使用して、前記第1及び第2のパターン構成要素(G1, G2)に各々対応する第1及び第2の基準パターン(RG1, RG2)を前記基板(W)にプリントする段階と、

スキャタロメータを用いて、前記テストパターンと前記第1及び第2の基準パターンの第1、第2、第3の反射スペクトル(S1, S2, S3)とを測定する段階と、

前記第1、第2、第3の反射スペクトル(S1, S2, S3)から、前記基板(W)上の前記テストパターンのパラメータを指示する情報を得る段階であって、前記第1及び第2のパターン構成要素により発生する前記第1の反射スペクトルを、前記第2の基準パターンにより発生する前記第3の反射スペクトルから前記第1の基準パターンにより発生する前記第2の反射スペクトルを差し引いた値で除す段階と

を含むことを特徴とする、検査方法。

【請求項2】

前記第1及び第2のテストパターン構成要素(G1, G2)が形状を異にしている、請求項1に記載された検査方法。

【請求項3】

10

20

前記第 1 及び第 2 のテストパターン構成要素 (G 1 , G 2) が、前記基板 (W) 上に設けられた複数プロセス層 (T L , B L) の間で位置を異にしている、請求項 1 に記載された検査方法。

【請求項 4】

前記テストパターン (G) が、第 1 及び第 2 のプロセス層 (T L , B L) の互いの上面にプリントされた第 1 と第 2 の位置合わせマーク (G 1 , G 2) を含み、かつまた前記第 1 及び第 2 の基準パターンが、対応する基準位置合わせマーク (R G 1 , R G 2) を含み、該マークが、各々、第 1 及び第 2 のプロセス層 (T L , B L) にプリントされるが、オーバーレイはしていない、請求項 3 に記載された検査方法。

【請求項 5】

前記テストパターン (G) が、内側ピッチ (P i) 及び外側ピッチ (P o) を有する 2 バー格子パターンを含み、かつまた前記第 1 及び第 2 の基準パターンが、各々、内側ピッチに等しいピッチを有する単一バーの格子と、外側ピッチに等しいピッチを有する単一バーの格子とを含む、請求項 2 に記載された検査方法。

【請求項 6】

前記スキャタロメータが垂直入射スキャタロメータである、請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載された検査方法。

【請求項 7】

情報を得る前記段階が、前記第 1 及び第 2 の反射スペクトル (S 1 , S 2) を用いて前記第 1 及び第 2 の基準パターン (R G 1 , R G 2) を再構成し、かつまた再構成された基準パターンを使用して前記テストパターンを再構成する作業を含む、請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載された検査方法。

【請求項 8】

情報を得る前記段階で、前記情報が、テストパターン (G 1 , G 2) の再構成なしに、前記反射スペクトルから直接に得られる、請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載された検査方法。

【請求項 9】

デバイス製造方法であって、
放射線感受性材料層により少なくとも部分的に覆われた基板 (W) を得る段階と、
放射系を用いて放射投影ビーム (P B) を得る段階と、
パターンニング素子 (M A) を使用して該投影ビームの横断面にパターンを付与する段階と、

パターン付与された投影ビームを、放射線感受性材料層のターゲット区域 (C) に投影する段階とを含む形式のものにおいて、

前記パターンが、プロセス層を表すパターンと、互いに異なる第 1 及び第 2 のパターン構成要素 (G 1 , G 2) の組み合わせを含むテストパターンと、各々前記第 1 及び第 2 のテストパターン構成要素に対応する第 1 及び第 2 の基準パターン (R G 1 , R G 2) とを含み、

スキャタロメータを用いて、前記テストパターン (G 1 , G 2) と前記第 1 及び第 2 の基準パターン (R G 1 , R G 2) との第 1、第 2、第 3 の反射スペクトル (S 1 , S 2 , S 3) を測定する段階と、

前記第 1、第 2、第 3 の反射スペクトルから、前記基板 (W) 上の前記テストパターン (G 1 , G 2) のパラメータを指示する情報を得る段階であって、前記第 1 及び第 2 のパターン構成要素により発生する前記第 1 の反射スペクトルを、前記第 2 の基準パターンにより発生する前記第 3 の反射スペクトルから前記第 1 の基準パターンにより発生する前記第 2 の反射スペクトルを差し引いた値で除す段階とを含む

ことを特徴とする、デバイス製造方法。

【請求項 10】

前記テストパターン (G 1 , G 2) が、製品層のパターンに隣接する区域、例えばスクライブ・ラインにプリントされる、請求項 9 に記載されたデバイス製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 11】

パラメータを指示する前記情報が、リソグラフィ装置及び処理工程のパラメータを調節するために使用され、その後で別の基板(W)が得られ、かつ放射投影ビーム(PB)を得る段階が、パターンニング素子(MA)の使用とパターン付与されたビームの投影とにより反復される、請求項9又は請求項10に記載されたデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

本発明は、リソグラフィ技術によるデバイス製造に使用される検査方法と、リソグラフィ技術を使用してデバイスを製造する方法とに関するものである。

10

【0002】

リソグラフィ装置は、基板のターゲット区画に所望パターンを形成する装置である。リソグラフィ投影装置は、例えば集積回路(IC)の製造に使用することができる。その場合、パターンニング素子、例えばマスクを使用して、ICの個別層に対応する回路パターンを発生させることができ、そのパターンは、放射線感受性材料層(レジスト)を有する基板(例えばシリコンウェーハ)上のターゲット区画(例えば1つ以上数個のダイの一部を含む)に結像させることができる。一般的に言って、単一ウェーハは、順次に露光される複数隣接ターゲット区画の全ネットワークを含んでいる。公知のリソグラフィ投影装置には、全パターンをターゲット区画上へ一括露光することで各ターゲット区画を照射するいわゆるステッパーと、投影ビームにより所定基準方向(「走査」方向)にパターンを走査すると同時に、基板を前記方向と平行または逆平行に走査することで各ターゲット区画を照射する、いわゆるスキャナーとを含んでいる。

20

【0003】

リソグラフィ投影装置を使用する製造工程では、パターン(例えばマスク内の)が、少なくとも部分的に放射線感受性材料層(レジスト)で被覆された基板上に結像される。この結像段階の前に、基板には、種々の処理、例えばブライミング、レジスト被覆、ソフトベイク等が施される。露光後、基板には、他の処理、例えば露光後ベイク(PEB)、現像、ハードベイク、結像された形状特徴(features)の測定/検査等が行われる。この一連の処理は、例えばIC等のデバイスの個別層にパターン形成するための基礎として行われる。こうしてパターン形成された層は、次いで種々の処理、例えばエッチング、イオン注入(ドーピング)、金属化、酸化、化学・機械式研磨等の処理を受けるが、これらの処理は、すべて個別層を仕上げる意図のものである。数層を要する場合は、全処理、またはその変化形式を、各層で反復する必要がある。場合により、デバイスが基板(ウェーハ)上に配列される。これらのデバイスは、ダイシング又はソーイング等の技術で互いに分離され、次いで、個別のデバイスが、ピンに接続されたキャリア等に乗せられる。これらの処理に関するこれ以上の情報は、例えばピーター・ヴァン・ザント著『マイクロチップの製造：半導体処理便覧』(Peter van Zant: A Practical Guide to Semiconductor Processing)(第三版、1997年マグロウヒル出版社刊、ISBN 0-07-067250-4)から得ることができ、該情報は、ここに引用することで本明細書に取り入れられる。

30

40

【0004】

レジスト現像後の測定及び検査の段階は、通常のウェーハ製造工程内で行われるため、インラインと呼ばれるが、この段階は2つの目的を有している。第1は、現像されたレジスト内のパターンに欠陥があるターゲット区画を検出することである。かなりの数のダイに欠陥がある場合は、ウェーハは、パターン形成されたレジストを剥離して再露光され、欠陥パターンを例えばエッチング等の処理段階により、永久欠陥にならないように修正するのが望ましい。第2は、測定により、リソグラフィ装置内の誤差、例えば照明設定の誤差又は露光時間の誤差を検出し、修正して、次の露光を可能にすることである。しかし、リソグラフィ装置内に多くの誤差がある場合には、それらの誤差は、露光でプリントされたパターンからは、容易には検出又は定量化できない。また欠陥を検出して、必ずしも

50

直接にはその原因を明らかにすることはできない。このため、リソグラフィ装置内の誤差の検出と測定のために、種々のオフライン措置が知られている。該措置には、基板を測定デバイスに替えたり、特別なテストパターンを、例えば種々の異なる機械設定で露光することも含まれている。これらのオフライン技術は、しばしばかなりの時間を食い、その間、装置を露光に使用することができない。したがって、リソグラフィ装置内の誤差の検出及び測定には、インライン技術、すなわち製造時の露光を使用可能な技術か、又は露光と同時に実施できる技術が好ましい。

【0005】

寸法誤差、例えばコマ収差によって発生するオーバーレイと左右の寸法差を測定するためには、影像に基づく工具、例えばオーバーレイ用のボックス・イン・ボックス（又はフレーム・イン・フレーム）が、またコマの場合の臨界寸法（CD）を測定するためには、走査電子顕微鏡（SEM）が、現在使用されている。これらの技術は、オフライン技術同様、投影系を、又は全ダイもしくは全ターゲット区画にわたる処理挙動を、必ずしも精密には反映しない局所的な測定しかできない欠点を有している。

【0006】

線幅、ピッチ、臨界寸法（CD）の測定用に、デバイス製造で使用される一つのインライン技術は、「スキヤタロメトリ」として知られるものである。スキヤタロメトリの方法は、レイモンドほか著「光学スキヤタロメトリを使用する多パラメータ格子計測法」（Multiparameter Grating Metrology Using Optical Scatterometry）（J. Vac. Sci. Tech. B, Vol. 15, no. 2, 361~368, 1997）及びニウほか著「DUVリソグラフィにおける鏡面分光スキヤタロメトリ」（Specular Spectroscopic Scatterometry in DUV Lithography）（SPIE, Vol. 3677, 1999）に記載されている。スキヤタロメトリの場合、白色光が、現像されたレジストの断続的なパターンによって反射され、その結果生じる、所定角度での反射スペクトルが検出される。反射を引き起こす該パターンは、例えば精密結合波分析（RCWA）を用いて再構成されるか、又はシミュレーションにより得られたスペクトルのライブラリと比較することで再構成される。しかし、該パターンの再構成は、計算が極めて高度であり、かつまたこの技術は、感度が低く、再現性も乏しい。

【0007】

リソグラフィにおけるスキヤタロメトリの使用に関するこのほかの開示には、WO 02/065545が含まれるが、その場合、2つの重なる格子からスキヤタロメトリ測定によりオーバーレイが測定される。このことは、他の格子と重なっていない格子の1つをサンプルとして利用可能な場合でも、2つの重なる格子でのオーバーレイ測定を強制されることを示唆している。また、US 6,458,605及びUS 2002/0041373では、スキヤタロメトリ測定による情報を得る目的で、基準パターンの測定で得られた基準ライブラリが利用される。更に、US 2002/0041373では、ウェーハ上の等しいテスト格子のランダムに分布する収束エネルギーマトリックス（FEM）をプリントすることが提案され、マトリックスの測定から、特にマトリックス内の異なる格子のスキヤタロメトリ測定間の差から、情報が得られる。

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

本発明の目的は、リソグラフィ技術を利用してデバイスを製造する間に、インライン式に測定を行う検査方法、それも精度、感度、再現性のいずれか又はすべてが改善された検査方法を得ることである。

【発明を解決するための手段】**【0009】**

前記及びその他の目的は、本発明により、次の段階、すなわち

リソグラフィ装置を使用して、互いに異なる第1と第2のパターン構成要素を組み合わ

10

20

30

40

50

せたテストパターンを基板上にプリントする段階と、

リソグラフィ装置を使用して、前記第1と第2のパターン構成要素に各々対応する第1と第2の基準パターンを前記基板上にプリントする段階と、

スキヤトロメータを使用して、前記テストパターンの第1、第2、第3の反射スペクトルと、前記第1及び第2の規準パターンの第1、第2、第3の反射スペクトルとを測定する段階と、

前記第1、第2、第3の反射スペクトルから前記基板上の前記テストパターンのパラメータを指示する情報を得る段階とを含む検査方法により達せられた。

【0010】

この方法により、基板上にプリントされたテストパターンのパラメータを迅速、精密、再現可能に測定することができる。テストパターンおよび基準パターンは、製作物の露光工程で、例えばスクライプ・ライン、エッジ・ダイ、その他の使用されない基板区域にプリントでき、有意な付加的時間を要しない。複数反射スペクトルは、スキヤトロメータにより、等しく迅速に、かつまた製造ラインの遅延なしに測定できる。本発明の測定方法は、したがって、定性又は校正の手段としてインラインで使用できる。

基準パターンを加えることで、単一テストパターンを使用するスキヤトロメトリに比して感度が改善され、スキヤトロメトリのデータから所望の情報を得る過程が簡単化される。幾つの場合、基準パターンの再構成は、2構成要素のテストパターンの再構成より簡単で、最初に行われる。その場合、基準パターンの再構成の結果が、テストパターンの再構成に利用される。別の場合には、所望の情報が、異なるスペクトルを比較することで直接得られ、テストパターンの再構成を必要としない。

【0011】

本発明の好適実施例の場合、第1パターン構成要素は、第1プロセス層にプリントされた第1位置合わせマークを含み、第2パターン構成要素は、第1パターン構成要素にオーバーレイする第2プロセス層にプリントされた第2位置合わせマークを含んでいる。基準パターンは、対応基準位置合わせマークを含み、該マークは、第1プロセス層及び第2プロセス層各々にプリントされるが、オーバーレイはされない。この実施例により、基準位置合わせマークからのスキヤトロメトリ信号を利用してオーバーレイの精密かつ高感度の測定が可能になり、それにより、オーバーレイ誤差の検出処理前に、テストパターンからのスキヤトロメトリ信号が強化される。テストパターンからのスキヤトロメトリ信号は、測定を要するオーバーレイ誤差に影響されるのと同様に、位置合わせマークの歪みに影響されるが、この歪みは、位置合わせマークを形成する処理段階、かつ位置合わせマークを有する層間のプロセス層の中間で、該プロセス層を介して行われる処理段階で生じるものである。基準パターンにより、これらの影響は、オーバーレイの影響から分離することができる。

【0012】

本発明の別の好適実施例の場合、第1及び第2のパターン構成要素は、異なるピッチを有する単一バーの複数の格子を含み、該格子が、内側ピッチ及び外側ピッチを有する2バーの格子パターンを含むテストパターンと組み合わせられている。第1及び第2の基準パターンは、各々、内側ピッチと等しいピッチを有する単一バーの格子と、外側ピッチに等しいピッチを有する単一のバー格子とを含んでいる。基準格子からのスキヤトロメトリ信号は、2バーの格子の2構成要素の形状に関する情報を内包し、コマを指示する非対称情報を、スキヤトロメトリによるテストパターンの応答から分離することができる。

【0013】

スキヤトロメトリ段階は、現像されたレジストのパターン上で行うのが好ましいが、潜在的なレジスト影像の対照が十分な場合には、現像前に行ってもよい。収差は処理段階前に検出できるので、収差が欠陥デバイスを生むほど著しい場合には、レジストは除去して、基板を再転写工程に戻すことができる。

好ましくは、スキヤトロメトリ段階は、垂直入射白色光によるスキヤトロメータを使用する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

本発明の別の態様によれば、デバイス製造方法であって、
少なくとも部分的に放射線感受性材料層により覆われた基板を得る段階と、
放射系を使用して放射投影ビームを得る段階と、
パターンニング素子を使用して、投影ビームの横断面にパターンを付与する段階と、
パターン付与された投影ビームを放射線感受性材料層のターゲット区画に投影する段階
とを有する形式のものにおいて、

前記パターンが、プロセス層に相応するパターンと、互いに異なる第1及び第2のパター
ン構成要素の組み合わせを含むテストパターンと、前記第1及び第2のパターン構成要
素に各々対応する基準パターンとを含み、かつまた

スキャタロメトリを使用して、前記テストパターンと、前記第1及び第2の基準パター
ンとの第1、第2、第3の反射スペクトルを測定する段階と、

前記基板上的前記テストパターンのパラメータを指示する情報を、前記第1、第2、第
3の反射スペクトルから得る段階とを特徴としている。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、テストパターンは、製品層のパターンに隣接する区域、例えばスクライプ
・ラインにプリントされる。このようにして、基板には unnecessary スペースは無くなり、
最大の区域がデバイス製造用に確保できる。

本発明のこの態様の好適実施例では、パラメータを指示する前記情報は、リソグラフィ
装置又は処理工程のパラメータを調節するのに使用され、その後で、別の基板が用意さ
れ、パターンニング素子を使用しパターン付与されたビームを投影することで、投影ビーム
を得る段階が反復される。このようにして、基板上で行われたスキャタロメトリの成績を
使用して、リソグラフィ装置又は処理工程を調節することで、後続の露光を改善すること
ができる。

【 0 0 1 6 】

本明細書では、特に集積回路の製造にリソグラフィ装置を使用する場合について説明す
るが、ここで説明されるリソグラフィ装置は、他の用途、例えば集積光学系、磁区メモリ
用の案内・検出パターン、液晶ディスプレイ(LCDs)、薄膜磁気ヘッド等の製造にも
使用できことが理解されよう。当業者には、そのような別の用途では、ここで用いられる
「ウェーハ」又は「ダイ」の用語が、各々、より一般的な用語「基板」又は「ターゲット
区画」と同義と考えられていることが分かるだろう。ここで言及される基板は、露光前又
は露光後に、例えばトラック(通常、基板にレジスト層を被着させ、露光されたレジスト
を現像する用具)、計測用具、検査用具のいずれかで処理される。適用可能であれば、こ
こに開示したことは、前記及びその他の基板処理用具に適用してよい。更に、基板は、例
えば多層IC製造のために、2回以上加工処理できるので、ここで用いる基板という用語
は、すでに加工済みの多層を有する基板をも意味している。

【 0 0 1 7 】

ここで用いる「放射線」及び「ビーム」という用語は、紫外線(UV)(例えば波長3
65、248、193、157、126nmのいずれかを有するもの)、極端紫外線(E
UV)(例えば波長域5~20nmのもの)、粒子ビーム、例えばイオンビーム又は電子
ビーム等、あらゆる種類の電磁放射線を包含するものである。

ここで使用する「パターンニング素子」という用語は、基板のターゲット区画にパターン
が形成されるように、投影ビーム横断面にパターンを付与するのに使用できる素子を指す
ものと広義に解釈されたい。注意すべき点は、投影ビームに付与されるパターンは、基板
のターゲット区画に設けられる目標パターンに正確には対応しない点である。概して、
投影ビームに付与されるパターンは、ターゲット区画に形成されるデバイス、例えば
集積回路の1つの特定機能層に対応する。

【 0 0 1 8 】

パターンニング素子は、透過性又は反射性である。パターンニング素子の例には、マスク、
プログラム可能なミラー配列、プログラム可能なLCDパネルが含まれる。マスクは、リ

10

20

30

40

50

ソグラフィにおいては周知であり、種々のマスク、例えばバイナリ型、交番位相シフト型、減衰位相シフト型などを含み、種々のハイブリッド型のマスクをも含んでいる。プログラム可能なミラー配列の一例では、小型ミラーの行列配置が採用されており、ミラーの各々は、個別に傾斜させて、入射ビームを異なる方向へ反射させることができる。このようにして、反射ビームにパターンが付与される。パターンニング素子の各例では、支持構造物は、例えばフレーム又はテーブルであり、該フレーム又はテーブルは、要求に応じて固定的に又は可動に配置でき、かつパターンニング素子が、例えば投影系に対し所望位置を占めるようにすることができる。また、ここでの用語「レチクル」又は「マスク」は、より一般的な用語「パターンニング素子」と同義と考えてよい。

【0019】

ここでの用語「投影系」は、種々の投影系、例えば屈折光学系、反射光学系、反射屈折光学系を含むものとして、また、例えば、使用される露光放射線又は、浸漬流体や真空等の他の要素にも適するものとして、広く解釈されたい。更に、ここでの用語「レンズ」も、より広義の用語「投影系」と同義と考えてよい。

照明系は、また放射投影ビームの指向、付形、制御いずれか用の屈折、反射、屈折反射各光学素子を含む種々の光学的な構成素子を包含するものであり、該素子は、また以下で集合的に又は単独で「レンズ」とも呼ばれる。

【0020】

リソグラフィ装置は、2つ(2ステージ)以上の基板テーブル(及び/又は2つ以上のマスクテーブル)を有する種類のものである。このような「多ステージ」装置では、付加
20
テーブルが並列的に使用されるか、又は準備段階が1つ以上のテーブルで行われる一方、1つ以上の他のテーブルが露光に使用される。

リソグラフィ装置は、また基板を比較的屈折率の高い液体、例えば水に浸漬することで、投影系の最終素子と基板との間の空間を満たす種類のものでよい。浸漬液体は、またリソグラフィ装置の他の空間、例えばマスクと投影系の第1素子との間にも満たすことができる。浸漬技術は、技術上公知であり、該技術により投影系の開口数を増すことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下で、本発明の複数実施例を添付略示図を参照して説明するが、該実施例は、単なる
30
事例に過ぎない。

図1は、本発明の一実施例によるリソグラフィ投影装置を略示したものである。該装置には、

放射投影ビーム(例えばUV放射線又はDUV放射線)PBを得るための照明系(照明器)ILと、

パターンニング素子(例えばマスク)MAを支持し、かつ素子PLに対するパターンニング素子の精密位置決め用の第1位置決め素子PMに接続された第1支持構造物(例えばマスクテーブル)MTと、

基板(例えばレジスト被覆ウェーハ)Wを支持し、かつ素子PLに対し基板を精密位置決めするための第2位置決め素子PWに接続された基板テーブル(例えばウェーハテーブル)WTと、
40

パターンニング素子MAにより投影ビームPBに付与されたパターンを、基板Wのターゲット区画C(例えば1個以上のダイを含む)上に結像させるための投影系(例えば屈折投影レンズ)PLとが含まれている。

【0022】

図示のように、該装置は透過型である(例えば透過性マスクを有している)。あるいはまた、該装置は、反射型(例えば既述の種類のプログラム可能なミラー配列を用いた)装置でもよい。

照明器ILは、放射線源SOから放射ビームを受け取る。線源とリソグラフィ装置とは、例えば線源がエキシマレーザの場合は、別個のユニットである。その場合、線源は、リ
50

10

20

30

40

50

ソグラフィ装置の一部を形成するとは考えられておらず、放射ビームは、線源S Oから、例えば適当な指向性ミラー及び/又はビームエキスパンダを含むビーム放出系B Dを介して照明器I Lへ達する。別の場合、例えば線源が水銀灯の場合、線源はリソグラフィ装置に統合された一部となる。線源S Oと照明器I Lとは、必要であれば、ビーム放出系B Dと引くくめて放射系と呼んでよい。

【0023】

照明器I Lは、ビームの角強度分布を調節するための調節素子A Mを含んでいる。一般に、照明器の瞳平面内での角強度分布の少なくとも半径方向外方及び/又は内方の範囲(通常、各々 外域及び 内域と呼ばれる)は調節できる。加えて、照明器I Lは、概して、種々の他の構成素子、例えば積分器I Nや集光レンズC Oを含んでいる。照明器により、投影ビームP Bと呼ばれる条件付けられた放射ビーム、すなわち横断面に所望の均一性と角強度分布とを有するビームが得られる。

10

【0024】

投影ビームP Bは、マスクテーブルM Tに支持されたマスクM Aに入射する。マスクM Aを通過した投影ビームP Bは、レンズP Lを通過し、該レンズにより基板Wのターゲット区域Cに収束される。基板テーブルW Tを、第2位置決め素子P Wと位置センサI F(例えば干渉計デバイス)とにより精密に移動させることで、例えば、異なるターゲット区域CをビームP Bの経路内に位置決めすることができる。同じように、マスクを、例えばマスク・ライブラリから機械的に回収した後に、又は走査中に、第1位置決め素子P Mと別の位置センサ(図1には明示されていない)とを使用して、ビームP Bの経路に対し精密にマスクM Aを位置決めすることができる。概して、マスクテーブルM Tと基板テーブルW Tとの移動は、長行程モジュール(粗位置決め)と短行程モジュール(精密位置決め)とにより実現されるが、これらのモジュールは、位置決め素子P M, P Wの一部を形成している。しかし、ステッパーの場合(スキャナーとは異なり)、マスクテーブルM Tは、短行程アクチュエータにのみ接続されるか、又は固定される。マスクM Aと基板Wとは、マスク位置合わせマークM 1, M 2と基板位置合わせマークP 1, P 2とを使用することで位置合わせされる。

20

【0025】

図示の装置は、次の好適なモードで使用できる：

1. ステップモードでは、マスクテーブルM Tと基板テーブルW Tとが、事実上定置のまま、投影ビームに付与された全パターンが1つのターゲット区画Cに一括投影(すなわち単一の静止露光で)される。次いで、基板テーブルW TがX方向及び/又はY方向に変位され、それによって別の1つのターゲット区画Cが露光される。ステップモードでは、露光区域の最大寸法によって、単一の静止露光で結像されるターゲット区画の寸法が制限される。

30

2. 走査モードでは、マスクテーブルM Tと基板テーブルW Tとが同時に走査される一方、投影ビームに付与されたパターンが、ターゲット区画C(例えば単一の動的露光)に投影される。マスクテーブルM Tに対する基板テーブルW Tの速度と方向とは、投影系P Lの倍率(縮尺)及び画像反転特性により決定される。走査モードでは、露光区域の寸法により、単一の動的露光でのターゲット区画の幅(非走査方向での)が制限される一方、走査運動の距離により、ターゲット区画の高さ(走査方向での)が制限される。

40

3. 別のモードの場合、プログラム可能なパターンニング素子を支持するマスクテーブルM Tは事実上定置のまま、基板テーブルW Tのほうを移動させるか走査するかして、投影ビームに付与されたパターンがターゲット区画Cへ投影される。このモードでは、概して、パルス放射線源が用いられ、プログラム可能なパターンニング素子が、基板テーブルW Tの各移動後に、又は走査中の連続放射パルスの間に、要求どおりに更新される。この操作モードは、プログラム可能なパターンニング素子、例えば既述の種類のプログラム可能なミラー配列を利用する無マスクのリソグラフィに、容易に適用できる。

【0026】

前述の各モードの組み合わせ及び/又は変化形も使用できるが、全く異なるモードを使

50

用することもできる。

図2は、本発明が一部をなしているリソグラフィ処理工程の流れ図である。図1に関連して既に説明したリソグラフィ装置を使用して行われる露光段階S4の前に、基板、例えばシリコンウェーハは、プライミング段階S1、レジスト層を被覆する回転コーティング段階S2、レジストから溶剤を除去するソフトベイク段階S3の各段階で処理を受ける。露光後、ウェーハは、検査段階S8の前に、露光後ベイク段階S5、(レジストが陽画用か陰画用かに応じて)露光レジスト又は非露光レジストが除去される現像段階S6、ハードベイク段階S7の各段階で処理を受ける。検査段階S8は、種々異なる測定及び検査を含み、かつまた以下で説明する、本発明によるスカタロメトリ段階を含んでいる。ウェーハが検査段階を通過すると、処理段階S9が行われる。この段階は、レジスト被覆されてい

10

【0027】

検査段階S8では、図3に示すようなスカタロメータが使用される。しかし、別の器具を用いて、別の検査及び/又は測定も行ってもよい。スカタロメータ10は、ビームスプリッタ12を介してウェーハW上のテストパターンTSに放射線を向ける広帯域(白色光)放射線源11を含んでいる。反射された放射線は分光計13へ入射し、該分光計が、鏡面反射放射線のスペクトル(波長の関数である強度)を測定する。このデータから、例えば精密結合波分析及び非線形回帰により、又はシミュレーション・スペクトルのライブラリとの比較により、検出スペクトルを発生させたパターンを再構成する。概して、この再構成の場合、パターン全体の形状は既知であり、幾つかのパラメータは、該パターンを製造する処理工程の知識から推定され、スカタロメトリ・データにより決定されるパターン・パラメータは僅かだけである。

20

図示のように、スカタロメータは、垂直入射スカタロメータである。しかし、同じ原理は、傾斜入射スカタロメータを使用する場合にも適用できる。単一角度での、或る波長範囲の反射ではなく、むしろ単一波長の、或る角度範囲での反射が測定されるスカタロメトリの変化形式を使用してもよい。

30

【実施例1】

【0028】

オーバーレイの測定に使用される本発明の第1方法によれば、基板W上にプリントされたテストパターンGは、上面のプロセス層TLにプリントされた第1マーク又は第1パターン構成要素G1と、底面のプロセス層BLにプリントされた第2マーク又は第2パターン構成要素G2とを含んでいる。マークG1, G2は、何らかの好都合な形状、例えば格子、チェッカー盤、ボックス、フレーム、山形等にすることができる。マークの形状を選択することで、再構成が容易になり、特に格子形状を使用することで、迅速な再構成技術が可能になる。マークの種類を選択することで、また感度も改善される。申し分なくプリントされ、後続工程の影響も無い場合には、2つのマークG1, G2は、等しくなり、かつオーバーレイ誤差も無く、正確に整合する。第1と第2のマーク(パターン構成要素)は、形状は等しいが、それらの位置は基板上のプロセス層により異なっている。マークG1, G2を含むテストパターンが、垂直に入射する偏光で照明された場合、反射されたTE, TM又は位相信号は、2つの格子の相対位置についての情報を含んでいる。しかし、格子G1, G2及び干渉を含む表面及び底面の層TL, BLの間の中間プロセス層IL内での内部反射のため、オーバーレイ情報を含む総反射信号の振幅は、極めて弱く、SN比の値が低い。その他のノイズは、プリント中にマークG1, G2に生じる歪みにより誘発され、底面の層のマークG2の場合、歪みはプリントのために行われる工程により誘発される。

40

【0029】

50

本発明によれば、オーバーレイの測定を改善するため、2つの基準パターンRG1, RG2が、テストパターンの2つの構成要素G1, G2と同時にプリントされる。基準パターンRG1は、表面の層TLに設けられ、第1マークG1に対応する。基準パターンRG2は、底面の層BLに設けられ、第2マークG2に対応する。基準パターンRG1, RG2は、互いに近接し、かつマークG1, G2を含むテストパターンにも近接し、しかし互いに間隔をおいて、かつ該テストパターンからも間隔をおいてプリントされる。基準パターンRG1, RG2とテストパターンとは、プリント工程又は後続工程で生じる歪みに等しく影響されるように、互いに十分に近接していなければならない。同時に、クロストークなしにスキヤタロメトリ測定が可能になるように、十分な間隔を有していなければならない。

10

【0030】

基準パターンRG1, RG2は、テストパターンG1, G2と同じように照明された場合、各格子G1, G2の情報のみを内包するスキヤタロメトリ信号S2, S3を発生させる。スキヤタロメトリ信号S2, S3は、強化されたスキヤタロメトリ信号S1-eを得るため、スキヤタロメトリ信号S1を正規化するのに使用できる。その一例は、図7に示されており、この図から分かることは、強化された信号S1-eは、はるかに大きい振幅を有するが、原信号と等位相の位置特徴を保有している。SN比は、効果的に改善されている。強化されたオーバーレイ信号は、3つの鏡面分光信号から得られる。第1の信号は、2つのオーバーレイ格子により発生せしめられるオーバーレイ「生」信号である。第2と第3の信号は、底面と表面の基準パターンにより発生する信号である。その場合、強化

20

【実施例2】

【0031】

図8～図10には、本発明の第2の方法に使用される格子が示されている。本発明の第2の方法は、リソグラフィ装置、特に投影系PLのコマ収差、又は基板に施される処理工程に起因する差寸法非対称性を測定する。

図8から分かるように、テストパターンGは、内側ピッチPiと外側ピッチPoを有する2バーの格子を含んでいる。第1パターン構成要素は、内側ピッチPiに等しいピッチの単一バーの格子を含み、第2パターン構成要素は、外側ピッチPiに等しいピッチの単

30

【0032】

第1の方法の場合同様に、テストパターンGと基準パターンRG1', RG2'とは、鏡面偏光により同じように照明される。その結果得られる反射スペクトルS1', S2', S3'は、格子の実際の形状に関する情報同様、差寸法非対称性に関する情報をも含んでいる。差寸法非対称性についての情報は、2ピッチ格子からの反射スペクトルS1'に含まれている一方、スペクトルS2', S3'は、格子自体に関する情報を含んでいる。第1の方法の場合のように、反射スペクトルS2', S3'は、反射スペクトルS1'の強化に使用

40

され、SN比が改善された寸法非対称性の情報を内包する信号が得られる。

以上、本発明の実施例を説明したが、本発明は、既述の説明とは別様に実施することもできることは言うまでもない。既述の説明は、本発明を制限する意図のものではない。

【図面の簡単な説明】

【0033】

【図1】本発明による方法の実施に使用するリソグラフィ投影装置を示す図である。

【図2】本発明の一実施例によるリソグラフィ工程の流れ図である。

【図3】本発明の方法に使用可能なスキヤタロメータを示す図である。

【図4】本発明の第1方法に使用するテストパターンと第1及び第2の基準パターンとを示す図である。

50

【図5】本発明の第1方法に使用するテストパターンと第1及び第2の基準パターンとを示す図である。

【図6】本発明の第1方法に使用するテストパターンと第1及び第2の基準パターンとを示す図である。

【図7】オーバーレイ生信号と本発明の第1方法により強化されたオーバーレイ信号とを示す図である。

【図8】本発明の第2方法に使用するテストパターンと第1及び第2の基準パターンとを示す図である。

【図9】本発明の第2方法に使用するテストパターンと第1及び第2の基準パターンとを示す図である。

10

【図10】本発明の第2方法に使用するテストパターンと第1及び第2の基準パターンとを示す図である。

【符号の説明】

【0034】

S O 線源

B D ビーム放出素子

I L 照明系

A M 調節装置

I N 積分器

C O 集光レンズ

20

P B 投影ビーム

M A マスク

M T マスクテーブル

M 1 , M 2 マスク位置合わせマーク

P M 第1位置決め素子

P L 投影系(レンズ)

W 基板

W T 基板テーブル

P W 位置決め素子

I F 位置センサ

30

C ターゲット区画

P 1 , P 2 基板位置合わせマーク

T S テストパターン

1 0 スキャタロメータ

1 1 線源

1 3 分光計

G 1 , G 2 パターン構成要素

T L 表面の層

B L 底面の層

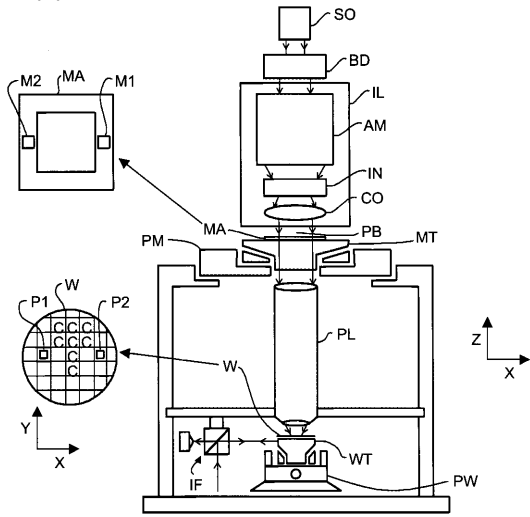
I L 中間層

40

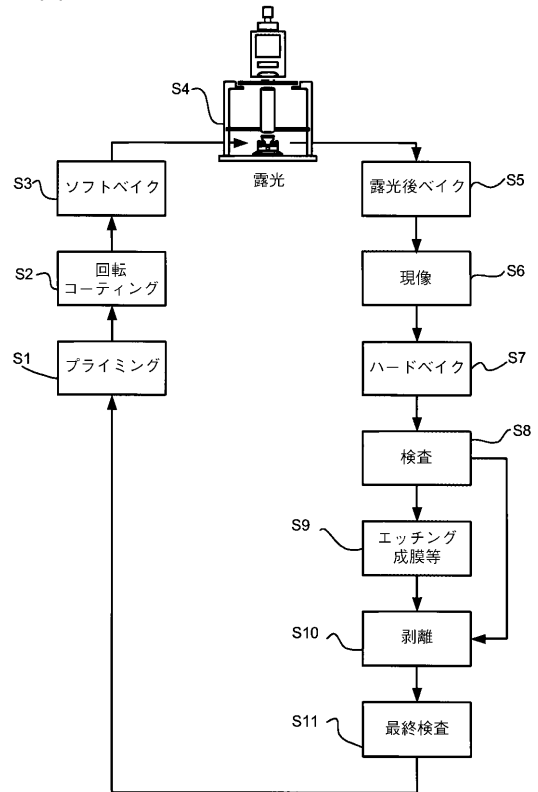
S 1 , S 2 , S 3 スキャタロメトリ信号

R G 1 , R G 2 基準パターン

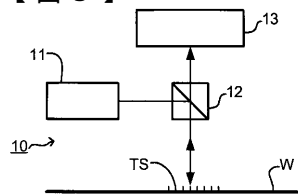
【 図 1 】



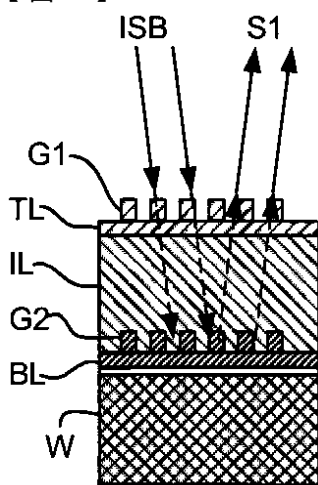
【 図 2 】



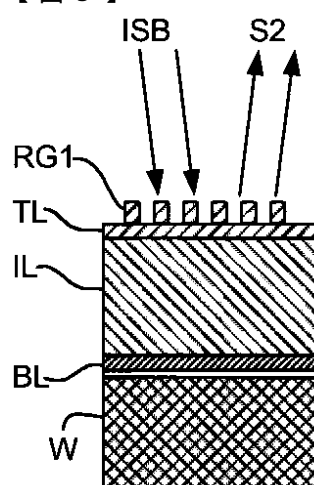
【 図 3 】



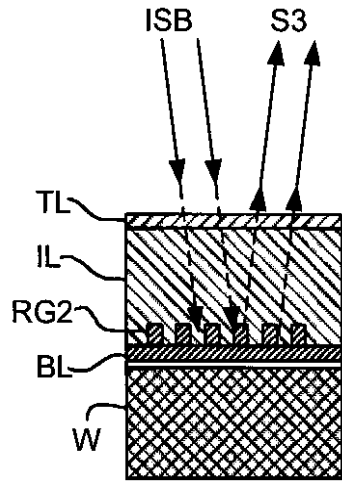
【 図 4 】



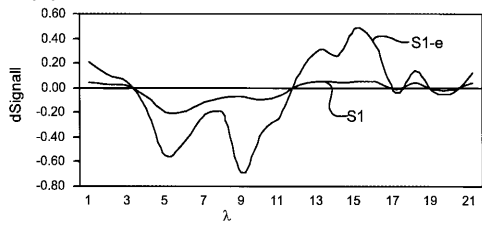
【 図 5 】



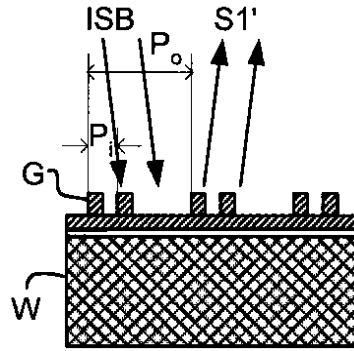
【 図 6 】



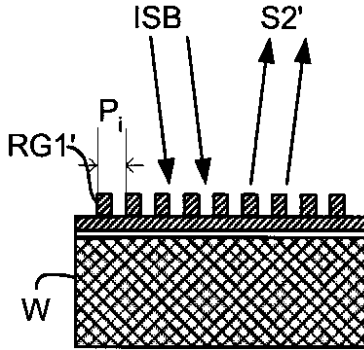
【 図 7 】



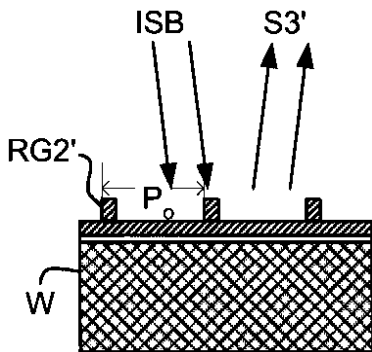
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 アリー ジェフリー デン ボーフ
オランダ国 ワールレ、ヘット フォルト 35

審査官 伊藤 昌哉

(56)参考文献 国際公開第02/065545(WO, A1)
米国特許第06458605(US, B1)
米国特許出願公開第2002/0041373(US, A1)
米国特許出願公開第2002/0072003(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G03F 1/00 - 1/16