

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4150256号
(P4150256)

(45) 発行日 平成20年9月17日(2008.9.17)

(24) 登録日 平成20年7月4日(2008.7.4)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 1 L 21/027	(2006.01)	HO 1 L 21/30	5 2 5 D
GO 3 F 7/22	(2006.01)	HO 1 L 21/30	5 2 2 D
GO 3 F 9/00	(2006.01)	GO 3 F 7/22	H
		GO 3 F 9/00	H

請求項の数 17 (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2002-553588 (P2002-553588)
 (86) (22) 出願日 平成13年12月10日 (2001.12.10)
 (65) 公表番号 特表2004-517476 (P2004-517476A)
 (43) 公表日 平成16年6月10日 (2004.6.10)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2001/002462
 (87) 國際公開番号 WO2002/052350
 (87) 國際公開日 平成14年7月4日 (2002.7.4)
 審査請求日 平成16年12月10日 (2004.12.10)
 (31) 優先権主張番号 00204825.4
 (32) 優先日 平成12年12月27日 (2000.12.27)
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 504151804
 エーエスエムエル ネザーランズ ピー.
 ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
 4 ディー アール, デ ラン 6501
 (74) 代理人 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 真司
 (74) 代理人 100109346
 弁理士 大貫 敏史
 (72) 発明者 モンショウワー レネ
 オランダ国 5656 アー アー アイ
 ンドーフェン プロフホルストラーン 6

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】基準位置合わせマークに対する基板の位置合わせを測定する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上のレジスト層にマスクパターンを結像する前に、第一の周期の周期的構造を有する基準位置合わせマークM₁,M₂に対する、該基準位置合わせマークM₁,M₂の第一の周期よりも実質的に小さい第二の周期PE₁₀の周期的構造P₁₀を有する基板位置合わせマークP₁,P₂が形成された前記基板の位置合わせを測定する方法であつて、

前記基準位置合わせマークM₁,M₂の前記第一の周期よりも実質的に小さく、且つ前記基板位置合わせマークP₁,P₂の前記第二の周期PE₁₀よりも小さいか大きい第三の周期PE₁₁の周期的構造P₁₁を有する追加位置合わせマークを、前記基板位置合わせマークの周期的構造P₁₀と該追加位置合わせマークの周期的構造P₁₁とを位置合わせビームによって照射するときに前記基準位置合わせマークM₁,M₂の前記第一の周期と実質的に等しい第四の周期PE_bを有する干渉パターンが生成されるように、前記基板上のレジスト層に、前記基板位置合わせマークP₁₀の上の領域にて、マスクを用いて形成し、

前記干渉パターンを前記基準位置合わせマークM₁,M₂上に結像し、

前記干渉パターンの前記第四の周期PE_bと実質的に等しい第五の周期を有する、基板位置合わせマークの周期的構造P₁₀の近くに位置して基板に形成された基板基準位置合わせマークを、前記基準位置合わせマーク上M₁,M₂に結像し、

前記基準位置合わせマークM₁,M₂に対する前記干渉パターンの前記像の位置と前記基板基準位置合わせマークの前記像の位置の差を求める、方法。

【請求項 2】

前記基板位置合わせマークは、マスクパターンの像が形成される基板フィールドの外側に位置する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記基準位置合わせマークは、マスク位置合わせマーク M_1, M_2 である、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記基板位置合わせマーク、前記追加位置合わせマーク、および前記基準位置合わせマークに回折格子が使用される、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の方法。

【請求項 5】

前記基板位置合わせマークに位相回折格子または振幅回折格子が使用される、請求項 4 に記載の方法。

10

【請求項 6】

前記追加位置合わせマークに位相回折格子が使用される、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 7】

前記基準位置合わせマークに振幅回折格子が使用される、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 8】

前記追加位置合わせマークは、マスクパターンの外側にマスク上に形成されている対応するマークを基板上のレジスト層に結像させることにより形成される、請求項 1 ~ 7 のいずれかに記載の方法。

【請求項 9】

前記追加位置合わせマークが潜在マークである、請求項 1 ~ 8 のいずれかに記載の方法。

【請求項 10】

基板基準位置合わせマークは、グローバル位置合わせマークまたは基板のIC領域に属する位置合わせマークである、請求項 1 ~ 9 のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 11】

前記干渉パターンが、前記基板位置合わせマークおよび前記追加位置合わせマークから前記基準位置合わせマークに進む放射の回折次数を選択する光学フィルタを介して、前記基準位置合わせマーク上に結像される、請求項 1 ~ 10 のいずれかに記載の方法。

【請求項 12】

30

グローバル基準位置合わせマークに対するグローバル基板位置合わせマークの位置を測定するグローバル位置合わせ測定方法を使用して、マスクに対して基板を位置合わせする方法において、

レジスト層によって覆われた前記基板に、第一の周期を有する基板基準位置合わせマークと、前記基板基準位置合わせマークの前記第一の周期よりも実質的に小さい第二の周期 PE_{10} を有する基板精密位置合わせマーク P_{10} とを形成し、

前記基板基準位置合わせマークを、粗位置合わせ測定方法を使用して、第三の周期を有する非基板基準位置合わせマークに対して位置合わせし、

前記基板上の前記レジスト層に、前記基板精密位置合わせマーク P_{10} の上の領域にて、前記基板精密位置合わせマーク P_{10} の前記第二の周期 PE_{10} と同じオーダーの第四の周期 PE_1 を有する追加精密位置合わせマーク P_{11} を、前記基板精密位置合わせマーク P_{10} と当該追加精密位置合わせマーク P_{11} とを位置合わせビームによって照射するときに前記非基板基準位置合わせマークの前記第三の周期と実質的に等しい第五の周期 PE_b を有する干渉パターンが生成されるように、マスクを用いて形成し、

40

前記追加精密位置合わせマーク P_{11} に対する前記基板精密位置合わせマーク P_{10} の位置合わせを、これら 2 つのマーク P_{10}, P_{11} を照射し、その結果として生じる前記干渉パターンを前記非基板基準位置合わせマーク上に結像することによって測定し、

この測定の測定信号を使用して、前記粗位置合わせ方法によって得られた信号を訂正する、方法。

【請求項 13】

50

当該方法がオンアクシス位置合わせ原理に基づく、請求項1 2に記載の方法。

【請求項 1 4】

前記非基板基準位置合わせマークは、マスクグローバル位置合わせマークまたはマスクの外側の位置合わせマークである、請求項 1 2 または 1 3 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記干渉パターンが、前記基板精密位置合わせマーク P_{10} および前記追加精密位置合わせマーク P_{11} から前記非基板基準位置合わせマークに進む放射の回折次数を選択する光学フィルタを介して、前記非基板基準位置合わせマーク上に結像される、請求項 1 2 ~ 1 4 のいずれかに記載の方法。

【請求項 1 6】

10

当該方法がオフアクシス位置合わせ原理に基づく、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 7】

基板の少なくとも 1 層にデバイスを製造する方法であって、

当該層に形成するデバイス形状に対応するパターン形状を有するマスクパターンが形成されているマスクを位置合わせするステップと、

投影放射によって、前記マスクパターンを前記基板上の放射感知層に結像するステップと、

当該層と基板の領域から材料を除去する、または領域に材料を追加するステップであって、当該領域が前記マスクパターン像によって描かれている、ステップ、の連続するステップの少なくとも 1 セットを有しており、

20

前記位置合せが、請求項 1 ~ 1 6 のいずれかに記載の位置合わせ測定方法によって実行されることを特徴とする方法。

【発明の詳細な説明】

【発明が属する技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、基板上のレジスト層にマスクパターンを結像する前に、周期的な構造を有する基準位置合わせマークに対する、周期的な構造を有する少なくとも 1 つの基板位置合わせマークが形成された前記基板の位置合わせを測定する方法であって、当該方法が、基板位置合わせマークを位置合わせビームによって照射し、このマークを基準位置合わせマーク上に結像するステップと、

30

前記基準位置合わせマークからの位置合わせ放射の強度を求めるステップと、を有する方法に関する。

【0 0 0 2】

また、本発明は、リソグラフ投影装置によってデバイスを製造する方法であって、当該方法が位置合わせを測定する方法を有する方法にも関する。

【0 0 0 3】

【従来の技術】

リソグラフ投影装置は、拡散 / マスキング技術による集積回路 (IC) の製造において不可欠の装置である。この装置を使用すると、異なるマスクパターンを有する多数のマスクが、半導体基板上の同じ位置に連続的に結像される。この場合、異なるマスクパターンの連続的な投影の間に、基板に必要な物理的および化学的工程を行う必要がある。この目的のため、基板は、マスクパターンによる露光後、装置から取り除く必要がある。必要な工程段階を経た後、2 番目のマスクパターンによる露光のために、基板を装置内の同じ位置に再び配置する必要があり、3 番目以下も同様である。2 番目およびそれ以降のマスクパターンは、基板にすでに形成されているデバイス構造に対して確実に正確に位置合わせする必要がある。この目的のために、基板上の位置合わせマークをマスク上の位置合わせマークに對して位置合わせするのに使用する位置合わせシステムが、リソグラフ投影装置に設けられる。この位置合わせシステムは、位置合わせの偏差を測定するための光学的な位置合わせ測定デバイスを有する。

40

【0 0 0 4】

50

マスクに対する基板の位置合わせは、基板位置合わせマークが、装置の投影レンズを介してマスク位置合わせマーク上に直接的に結像される、いわゆるオンアクシス方式(on-axis method)によって測定できる。この方法は、TTL (through-the-lens)方式としても知られている。また、位置合わせは、基板位置合わせマークが、装置の投影システムの視野の外側の基準位置合わせマーク上に結像されるオフアクシス方式(off-axis method)によっても測定できる。オフアクシス方式の非常に有望な具体例においては、基板位置合わせマークは、投影カラム(projection column)の外側に配置される基準マークにより、基板ホルダー上の位置合わせマークに対して位置合わせされる。この最初の位置合わせステップの間、基板ホルダーと基板は、投影カラムの外側に置かれる。最初の位置合わせステップが行われた後、基板ホルダーは投影カラムの中に置かれ、2番目の位置合わせステップにおいて、基板位置合わせマークが、投影レンズを介してマスク位置合わせマーク上に結像される。

【 0 0 0 5 】

リソグラフ投影装置は、ICの製造に使用できるのみならず、1 μm以下のオーダーの構造細部を有する他の構造物の製造にも使用できる。例えば、一体型または平面型の光学系の構造物、磁区メモリの誘導 / 検出パターン(guiding and detection patterns of magnetic domain memories)、液晶ディスプレイパネルの構造物、磁気ヘッドである。これらの構造物の製造においても、マスクパターンの像は基板に対して非常に正確に位置合わせさせる必要がある。

【 0 0 0 6 】

リソグラフ投影装置は、ステッピング装置またはステップアンドスキャン(step-and-scan)装置とすることが出来る。ステッピング装置においては、マスクパターンは、基板のIC領域上に1回の動きで結像される。次いで、基板を、次のIC領域がマスクパターンと投影レンズシステムの下に位置し、かつマスクパターンがそのIC領域上に結像される位置に、マスクに対して移動させる。この工程は、基板のすべてのIC領域にマスクパターン像が形成されるまで繰り返される。また、ステップアンドスキャン装置においても、上記のステッピング手順に従うが、マスクパターンは、1回の動きで結像されるのではなく走査移動により結像される。マスクパターンの結像中、投影システムの倍率を考慮しながら、基板は、投影システムと投影ビームに対してマスクと同期させて動かされる。マスクパターンの連続的に露光される部分の並置された一連の部分像が、IC領域に結像される。マスクパターンがIC領域に完全に結像された後、次のIC領域に工程段階が行われる。可能な走査手順は、雑誌 "Semiconductors International" (1986年5月、p137~142) の記事「サブミクロン1:1 光学リソグラフィー(Sub--micron 1:1 Optical Lithography)」(著者D.A.Markle) に説明されている。

【 0 0 0 7 】

米国特許4,251,160は、シングル・オンアクシス位置合わせユニットが設けられている、IC製造を目的とする光学リソグラフ投影装置を開示している。基板位置合わせマークとマスク位置合わせマークは、回折格子である。米国特許4,778,275には、第一および第二マスク位置合わせマークに対してそれぞれ第一および第二基板位置合わせマークを位置合わせするためのダブル・オンアクシス位置合わせユニットが開示されている。特許出願W0 8/39689は、オフアクシス位置合わせユニットを開示し、米国特許5,243,195は、オンアクシス位置合わせユニットとオフアクシス位置合わせユニットの両方を有する位置合わせシステムを開示している。

【 0 0 0 8 】

上記の位置合わせ方法とユニットは、これまで何らの問題もなく使用されてきているが、これらの方法は、構造物の細部、または線幅が小さくなるにつれ、かつIC製造において新しい技術が使用されるに連れて、精度と信頼性に関して問題が生じることが予測される。

【 0 0 0 9 】

ICの単位表面積あたりの電子部品の数が増加し、その結果としてこれらの部品の寸法が小

10

20

30

40

50

さくなりつつあることに関連して、集積回路を製造するときの精度に課せられる要件がますます厳しくなりつつある。従って、連続的なマスクパターンが基板上に結像される位置は、ますます正確に制御する必要がある。線幅がより小さい新しい世代のICの製造においては、位置合わせ精度を向上させる必要がある。言い換えれば、位置合わせシステムの解像度を高めるために、より小さな位置合わせ偏差を検出できることが必要である。

【0010】

線幅が小さい場合には、投影システムに要求される開口数(NA)がより高いために、基板の平面性に対しても、より厳しい要件を課す必要がある。投影システムの焦点深度は、NAが大きくなるに従って減少する。投影システムの必要な大きな像視野において若干の像面湾曲(image field curvature)が起こるため、基板はほぼ平坦でなければならない。十分に平らな基板を得るために、投影装置における異なるマスクパターンによる2回の連続する露光の間に、化学機械研磨(CMP)工程によって基板を研磨することが提案されている。しかしながら、この研磨工程は、オンアクシス位置合わせ方式の精度に影響する。

10

【0011】

さらに、新世代ICの製造工程は、ますます複雑になりつつあり、工程段階の数と基板上の工程層(process layer)の数がますます増加している。また、これらの工程層のいくつかに起因して、基板の回折格子位置合わせマークに非対称性が生じ、これにより位置合わせの誤差が生じる。

【0012】

【課題を解決するための手段】

20

本発明の目的は、冒頭の段落に述べられている、基準に対する基板の位置合わせを測定する方法であって、公知の方法よりも精度と信頼性が高く、かつ、当該影響を受けにくい位置合わせ信号を供給する方法を提供することである。これを目的として、前記方法は、

【0013】

前記基準位置合わせマークの前記周期よりも実質的に小さい周期 p_1 の周期的な構造を有する基板位置合わせマークを使用するステップと、

周期 p_2 の周期的な構造を有する追加位置合わせマークをレジスト層に形成するステップであって、前記基板位置合わせマークと前記追加位置合わせマークを位置合わせビームによって照射するときに、前記基準位置合わせマークの前記周期と実質的に等しい周期を有する干渉パターンが生成されるように形成するステップと、

30

前記干渉パターンを前記基準位置合わせマーク上に結像するステップと、
によって特徴付けられる。

【0014】

基板は、ICなどの完全なデバイスが多数の連続的な一連の工程段階によって平面的に形成される、材料(例:シリコン)の板を意味するものとする。これら一連の工程段階それぞれは、主工程段階として、レジスト層を基板に塗布する工程、マスクに対して基板を位置合わせする工程、このマスクのパターンをレジスト層に結像する工程、レジスト層を現像する工程、レジスト層を介して基板をエッチングする工程、さらにクリーニングおよび他の処理を行う工程などの、工程段階を有する。用語「基板」は、デバイス製造工程における異なる段階における基板、すなわち、1層しかデバイス機能を有しない基板と、1層を除くすべてがデバイス機能を有する基板の両方と、これらの中間基板のすべてを意味する。これらの基板すべてに共通することは、位置合わせビームによって認識される少なくとも1つの位置合わせマークが、形成されていることである。

40

【0015】

基板位置合わせマークと追加位置合わせマークの周期 p_1 と p_2 は、それぞれ、投影システムの解像度のオーダーであり、かつ従来の基板位置合わせマークの周期よりずっと小さいことが望ましい。本発明の新しい方法では、周期が小さいため、より小さい位置合わせ誤差を測定することができる。干渉パターン、またはモアレパターンの周期は、基板位置合わせマークと追加位置合わせマークの周期によって決まる。周期 p_1 と p_2 を適切に選択することによって、本方法を従来の位置合わせシステムを使用して実行できるように、干渉パ

50

ーンの周期を従来の基板位置合わせマークの周期と等しくすることができる。実際の位置合わせ誤差、またはこの新方式によって拡大される小さい位置合わせ誤差は、その結果として、基準位置合わせマークに対して干渉パターンがかなり大きく変位し、位置合わせユニットからの位置合わせ信号がかなり変化する。このことは、位置合わせ信号の必要な補間をより少なく、かつ、かなり正確な測定を可能にすることを意味する。この新しい方法によって供給される位置合わせ信号は、相対的に大きな領域にわたって平均化された信号となるため、この信号は局所的な表面の変形の影響を受けにくくなる。

【0016】

ここで、米国特許5,414,514が、2枚の板の位置合わせを測定するために、それぞれ周期 p_1 および p_2 を有する重ねられた第一および第二回折格子位置合わせマークが照射されるとき得られる干渉パターンを使用することを開示していることは、留意すべきである。この第一位置合わせマークは、基板位置合わせマークである。しかしながら、第二位置合わせマークは、基板上の層における追加位置合わせマークではなく、ウェハ位置合わせマークである。干渉パターンは、基準位置合わせマーク上ではなくCCDセンサー上に結像される。基板とマスクは、小さな隙間にしか分離されておらず、かつマスクパターンは、投影システムによってではなく、エックス線を使用する近接プリントイング(proximity printing)工程によって基板上に結像される。

【0017】

SPIE, Vol. 1343, X-ray/EUV Optics for Astronomy, Microscopy, Polarimetry and Projection Lithography (1990年)、p.245~255の記事「サブマイクロメーター・リソグラフ位置合わせとオーバーレイ方式(Submicrometer lithographic alignment and overlay strategies)」は、モアレ技術が、フォトリソグラフィーにおける位置合わせとオーバーレイ位置決めのための有効な技術となりうることを述べている。この記事は、回折格子周期または回折格子線の向きがわずかに異なる2つの回折格子がどのようにモアレパターンを形成するかについてしか述べていない。位置合わせ方法自体については述べておらず、また従来の位置合わせシステムの解像度と精度をモアレ技術によってかなり高めることができることについても開示していない。

【0018】

基板位置合わせマークと追加位置合わせマークの相互的なシフトを、基準位置合わせマークに対する干渉パターンの像の位置から求めるためには、さらなる基準マークが必要である。このようなさらなる基準マークが使用される測定方法の1つの実施例は、前記干渉パターンと実質的に同じ周期を有する基板基準位置合わせマークが使用され、前記基板基準位置合わせマークが、前記基準位置合わせマーク上に結像され、かつ、前記基準位置合わせマークに対する前記干渉パターンの前記像の位置と前記基板基準位置合わせマークの位置の差が求められる、ことを特徴とする。これらの位置の当該差は、前記基板位置合わせ回折格子と前記追加位置合わせ回折格子の間のシフトの尺度である。基板基準マークは、基板グローバル位置合わせマークによって構成することができる。

【0019】

この測定方法で使用される位置合わせマークは、周期的であるならば、構造が異なっていてもよい。いわゆるSiemensスター(Siemens star)は、光リソグラフィー技術すでに使用されている、このような周期的な位置合わせマークである。

【0020】

前記方法は、望ましくは、前記基板位置合わせマーク、前記追加位置合わせマーク、および前記基準位置合わせマークに回折格子が使用されることを特徴とする。

【0021】

回折格子構造は、位置合わせマークとして非常に適切であることが判明した。

【0022】

追加位置合わせマークは、マスクパターンの外側にマスク上に形成されている、対応するマークをリソグラフ装置によってレジスト層に結像することによって、レジスト層に形成される。マーク像が位置する基板層の領域は、現像することができ、現像されたマーク

10

20

30

40

50

像は、測定方法を実行するのに使用できる。望ましくは、本方法は、追加位置合わせマークが潜在マークであることを特徴とする。

【0023】

潜在マークとは、位置合わせマークの潜像、すなわち現像されていない像を意味するものと理解すべきである。このような潜像を有するレジスト層は、回折格子マークの場合においては入射ビームに対する位相効果が周囲とは異なる線形の領域を有する。この位相効果は、マークを結像するビームの強度の変動に起因する。この変動により、層が局所的に収縮するので、層における屈折率が局所的に変化する。これらの位相効果のため、潜在位置合わせマークは、位置合わせビームによって認識可能である。潜在位置合わせマークを使用する利点は、その像を現像するために、レジスト層にマーク像を有する基板をリソグラフ装置から取り除く必要がないことである。

10

【0024】

潜在追加位置合わせマークを使用すると、本発明の第二の観点を実現することができる。この観点は、マスクに対して基板を位置合わせする新しい方法であって、当該方法は、グローバル基準位置合わせマークに対するグローバル基板位置合わせマークの位置を測定するグローバル位置合わせ測定方法を使用する、方法に関する。この方法は、

基板に、基板基準位置合わせマークと、基板精密位置合わせマークであって、前記基板基準位置合わせマークの周期よりも実質的に小さい周期を有する基板精密位置合わせマークとを形成するステップであって、当該基板がレジスト層によって覆われる、ステップと、前記基板基準位置合わせマークを、粗位置合わせ測定方法を使用して、非基板基準位置合わせマークに対して位置合わせするステップと、

20

前記レジスト層に、前記基板精密位置合わせマークと同じオーダーの周期を有する追加位置合わせマークを形成するステップと、

前記追加位置合わせマークに対する前記基板精密位置合わせマークの位置合せを、これら2つのマークを照射し、その結果として生じる干渉パターンを前記非基板基準位置合わせマーク上に結像することによって測定するステップと、

この測定の前記測定信号を使用して、前記粗位置合わせ方法によって得られた前記信号を訂正するステップと、

を特徴とする。

【0025】

30

基板基準位置合わせマークは、グローバル位置合わせマークか、または基板のIC領域に属す位置合わせマークとすることが出来る。非基板基準位置合わせマークは、マスクグローバル位置合わせマークか、またはマスクの外側のマークとすることが出来る。グローバル位置合わせマークは、マスク位置合わせマークなどの基準位置合わせマークに対して基板を位置合わせするための、従来の周期的な位置合わせマークを意味するものとする。グローバル位置合わせマークの周期は、グローバル基板位置合わせマークをウェハ位置合わせマーク（原理的にはグローバル位置合わせマークである）上に結像する投影システムの解像度限界よりも、実質的に大きい。

【0026】

本発明の方法は、測定方法が異なる実施例により実施出来る。最初の実施例は、オンアクリシス位置合わせ原理に基づくことを特徴とする。

40

【0027】

この実施例においては、マスクパターンを基板上に投影するための投影システムによって、干渉パターンがマスク位置合わせマーク上に結像される。

【0028】

この実施例は、さらに、望ましくは、前記干渉パターンが光学フィルタを介してマスク位置合わせマーク上に結像され、当該光学フィルタが、前記基板位置合わせマークから当該マスク位置合わせマークに進む前記放射の回折次数を選択することを特徴とする。

【0029】

この光学フィルタまたはダイヤフラムは、例えば、装置の部品における不要な反射に起因

50

する雑音放射が検出器に達するのを防止する。マスク位置合わせマーク上に干渉パターンを結像するために、例えば、一次回折のみを選択することによって、位置合わせ測定の精度を2倍に高めることができる。

【0030】

本方法の第二実施例は、オフアクシス位置合わせ原理に基づくことを特徴とする。

【0031】

干渉パターンは、投影レンズの横に位置するオフアクシス位置合わせデバイスの一部を形成する基準位置合わせマーク上に結像される。このデバイスを使用することによって、基板からの位置合わせ放射の多数の回折次数（例：一次～七次）を個別に検出できる。また、マスクもオフアクシス位置合わせデバイスに対して位置合わせされるので、基板とマスクは、間接的、すなわち、二段階の方法で位置合わせされる。このオフアクシス位置合わせ方式の利点は、CMP工程パラメータの影響を非常に受けにくいことである。

10

【0032】

また、オフアクシス位置合わせは、2つの基板ステージと、投影ステーションと、さらに別個の測定ステーションとを有するリソグラフ投影装置においても実行される。投影ステーションの第一基板上にマスクパターンを投影している間、第二基板の位置が測定ステーションにおいて測定される。2つの基板ステージが測定ステーションと投影ステーションの間を移動する、このような装置の実施例は、米国特許4,861,162に示されている。このような装置は、そのスループット（すなわち、単位時間あたりに処理できる基板の数）が、測定ステーションがなく投影ステーションしか有しない同等の装置のスループットよりもかなり大きいという利点を有する。本発明の位置合わせ測定方法は、測定ステーションにおいて使用できる。

20

【0033】

本発明は、基板の少なくとも1層にデバイスを製造する方法であって、当該方法が以下の連続的なステップ、

当該層に形成するデバイス形状に対応するパターン形状を有するマスクパターンが形成されているマスクを位置合わせするステップと、

投影放射によって、前記マスクパターンを前記基板上の放射感知層に結像するステップと、

当該層と基板の領域から材料を除去する、または領域に材料を追加するステップであって、当該領域が前記マスクパターン像によって描かれる、ステップと、

の少なくとも1セットを有する、方法にも関する。この方法は、本明細書において前述されている位置合わせ測定方法によって位置合わせが実行されることを特徴とする。

30

【0034】

本発明の上記およびその他の観点は、以下に説明されている実施例を参照しながら、これに限定されない例を通じて明確に解明されるであろう。

【0035】

【発明を実施するための形態】

図1は、基板上にマスクパターンを繰返し結像するためのリソグラフ投影装置の原理と実施例を示す。この装置の主な構成要素は、結像されるマスクパターンCが形成されているマスクMAが中に配置されている投影カラムと、基板Wをマスクパターンに対して位置決めさせることができる可動の基板テーブルWTである。この装置は、さらに、放射源LA（例えば、フッ化クリプトン・レーザー）と、レンズシステムLSと、反射器REと、集光レンズCOとで構成される照射ユニットを有する。照射ユニットによって供給される投影ビームPBは、マスクテーブルMT内のマスクホルダー（図示されていない）上に配置されたマスクMAに存在するマスクパターンCを照射する。

40

【0036】

マスクパターンCを通過する投影ビームPBは、投影カラム内に配置されている投影レンズシステムPL（線図でのみ示されている）を通過する。この投影システムは、基板WのIC領域、すなわち、基板フィールド(substrate field)それぞれに、パターンCの像を連続的に

50

形成する。投影レンズシステムは、例えば、倍率(M) 1/4、開口数のオーダーが0.5以上、回折によって限定される像視野(diffraction-limited image field)の直径のオーダーが0.25である。これらの数値は、任意であり、新しい世代の投影装置ごとに異なることはあろう。基板Wは、例えば、空気軸受けに支持された基板テーブルWTの一部を形成する基板ホルダー(図示されていない)内に配置されている。投影レンズシステムPLと基板テーブルWTは、ハウジングH0内に配置されている。このハウジングは、その下側が、例えば、花崗岩の底板BPによって閉じられ、その上側がマスクテーブルMTによって閉じられている。

【0037】

図1の右上に示されているように、マスクは、2個の位置合わせマークM₁とM₂を有する。これらのマークは、回折格子から成ることが望ましいが、これに代えて、他の周期的な構造によって形成してもよい。位置合わせマークは、二次元、すなわち、2本の相互に垂直な方向(図1における方向XとY)に延在することが望ましい。基板W(例えば、半導体基板またはウェハ)は、複数の位置合わせマーク、望ましくはこの場合も二次元の回折格子を有する。このうちの2つのマークP₁とP₂が、図1に示されている。このマークP₁とP₂は、マスクパターンの像が形成される基板フィールドの外側に位置する。基板位置合わせマークP₁とP₂は、望ましくは位相回折格子として形成され、マスク位置合わせマークM₁とM₂は、望ましくは振幅回折格子として形成される。

【0038】

図2は、2つの同じ基板位相回折格子の1つを、拡大して示す。このような回折格子は、4つの副回折格子P_{1,a}、P_{1,b}、P_{1,c}、P_{1,d}を有することができる。これらのうちの2つP_{1,b}とP_{1,d}が、X方向における位置合せを測定するために使用され、残りの2つP_{1,a}とP_{1,c}が、Y方向における位置合せを測定するために使用される。2つの副回折格子P_{1,b}とP_{1,c}は、例えば、16 μmの回折格子周期を有し、副回折格子P_{1,a}とP_{1,d}は、例えば、17.6 μmの回折格子周期を有する。各副回折格子は、例えば、200 × 200 mm²の表面積を覆う。これらの回折格子マークと適切な光学系を使用することで、原理的には0.1 μm以下の位置合わせ精度を達成することができる。位置合わせ測定デバイスのキャプチャレンジを高めるために、副回折格子には、異なる回折格子周期が選択された。

【0039】

図1は、位置合わせ測定デバイス、すなわち、ダブル位置合わせ測定デバイスの第一実施例を示す。このデバイスにおいては、2本の位置合わせビームbとb'は、それぞれ、マスク位置合わせマークM₂に対する基板位置合わせマークP₂の位置合せを測定するためと、マスク位置合わせマークM₁に対する基板位置合わせマークP₁の位置合せを測定するために使用される。位置合わせ測定ビームbは、反射要素30(例えば、鏡)によってプリズム26の反射面27に反射される。反射面27は、ビームbを基板位置合わせマークP₂に反射させる。マークP₂は、放射の一部を、関連付けられたマスク位置合わせマークM₂にビームb₁として送り、マークM₂にマークP₂の像を形成させる。反射要素11(例えば、プリズム)は、マークM₂の上に配置されていて、マークM₂を通過する放射を放射感知検出器13に導く。

【0040】

第二の位置合わせ測定ビームb'は、ミラー31によって投影レンズシステムPL内の反射器29に反射される。この反射器は、ビームb'をプリズム26の第二反射面28に送り、第二反射面28は、ビームb'を基板位置合わせマークP₁に導く。マークP₁は、ビームb'の放射の一部をマスク位置合わせマークM₁にb₁'として反射し、マークM₁にマークP₁の像を形成する。マークM₁を通過するビームb₁'の放射は、反射器11'によって放射感知検出器13'に導かれる。ダブル位置合わせ測定デバイスの動作は、このようなデバイスのさらなる実施例を示す図3を参照しながら、後に詳細に説明される。

【0041】

投影装置は、さらに、投影レンズシステムPLの像平面と基板Wの表面の間の偏差を求めるための、焦点誤差検出システムを有する。測定された偏差は、例えば、投影レンズシステムを投影レンズシステムの光軸に沿って基板ホルダーに対して移動させることによって、訂正できる。焦点誤差検出システムは、投影レンズシステムのホルダーに固定して接続さ

10

20

30

40

50

れているホルダー（図には示されていない）内に配置される要素40～46によって構成することができる。要素40は、焦点検出ビーム b_3 を放射する放射源（例えば、ダイオードレーザー）である。このビームは、反射プリズム42によって基板Wに小さな角度で導かれる。基板によって反射される焦点検出ビームは、プリズム43によって再帰反射器44に導かれる。再帰反射器は、このビームを反射し、これにより、焦点検出ビームは、もう一度同じ経路を今度はビーム b_3' として、プリズム43によって反射されて基板に達し、基板からプリズム42に達する。次いで、反射された焦点検出ビームは、ビームスプリッタ41に達し、このビームスプリッタ41は、このビームをさらなる反射器45に反射する。反射器45は、焦点検出ビームを放射感知検出システム46に送る。この検出システムは、例えば、位置感知検出器、または2個の別個の検出器で構成される。このシステム上にビーム b_3' によって形成される放射スポットの位置は、投影レンズシステムの像平面が基板Wの表面と一致する程度に依存する。焦点誤差検出システムの詳細な説明は、米国特許4,356,392に記載されている。10

【0042】

単色の焦点検出ビームを使用するこの焦点検出システムの代わりに、広帯域ビームを使用する焦点／傾斜検出システムを使用することが望ましい。このような広帯域の焦点検出システムは、米国特許A 5,191,200に説明されている。

【0043】

基板のXおよびY位置を非常に正確に求めるために、装置は、複数の測定軸を有する複合干渉計システムを有する。図1には、その一軸サブシステムのみが示されている。このサブシステムは、放射源50（例えば、レーザー）と、ビームスプリッタ51と、固定基準ミラー52と、放射感知検出器53とを有する。放射源50から放射されたビーム b_4 は、ビームスプリッタによって測定ビーム $b_{4,m}$ と $b_{4,r}$ に分割される。この測定ビームは、基板テーブルの反射面としての、または望ましくは、基板テーブルの一部を形成しつつ基板が上にしっかりと固定される基板ホルダーの反射面としての測定ミラーに達する。測定ミラーによって反射された測定ビームは、検出器53の位置に干渉パターンを形成するために、基準ミラー52によって反射される基準ビームと、ビームスプリッタ51によって結合される。複合干渉計システムは、米国特許4,251,160に説明されているように、2本の測定軸を有するように実施することができる。これに代えて、干渉計システムは、米国特許4,737,823に説明されているように3本の測定軸を有することもできるが、EP-A 0 498 499に説明されているように少なくとも5本の測定軸を有するシステムが、望ましい。20

【0044】

複合干渉計システムの形式における基板位置検出システムを利用することによって、位置合わせ中に、位置合わせマーク P_1 および P_2 と、マーク M_1 および M_2 の位置および間の相互距離を、この干渉計システムによって定義される座標系の中で修正できる。従って、投影装置のフレーム、またはそのフレームの部品を参照する必要がないので、例えば、温度変動、機械的クリープなどに起因するフレーム内での変動が測定値に影響することがない。30

【0045】

図3は、位置合わせビーム b と b' を投影レンズシステム内に結合する方法が、図1の実施例のそれとは異なる実施例を参照して、ダブル位置合わせシステムの原理を示す。このダブル位置合わせデバイスは、投影レンズシステムPLの光軸AA'に対して対称的に配置されている2つの別個かつ同一の位置合わせシステムAS₁およびAS₂を有する。位置合わせシステムAS₁は、マスク位置合わせマークM₂に関連付けられ、位置合わせシステムAS₂は、マスク位置合わせマークM₁に関連付けられる。2つの位置合わせシステムの対応する要素は、同じ参照数字によって示されていて、システムAS₂の要素の参照数字にはダッシュ記号が付されている。40

【0046】

最初に、システムAS₁の構造についてと、マスク位置合わせマークM₂と、例えば、基板位置合わせマークP₂の相互位置を求める方法について、説明する。

【0047】

10

20

30

40

50

位置合わせシステムAS₁は、位置合わせビームbを放射する放射源1を有する。このビームは、ビームスプリッタ2によって基板の方向に反射される。ビームスプリッタは、部分的に透明な反射器、または部分的に透明なプリズムでよいが、望ましくは、（その後に四分の一波長板3が続く）偏光を感知する分割プリズムである。投影レンズシステムPLは、位置合わせビームbを基板W上の直径1mmオーダーの小さい放射スポットVにフォーカスする。この基板は、位置合わせビームの一部をマスクMAの方向にビームb₁として反射する。ビームb₁は、投影レンズシステムPLを通過し、この投影レンズシステムPLがマスク上に放射スポットを結像する。基板は、投影カラム内に配置される前に、放射スポットVが基板位置合わせマークP₂上に位置するように、事前位置合わせステーション（例えば、米国特許A 5,026,166に説明されているステーション）内で事前に位置合わせされる。次いで、このマークは、ビームb₁によってマスク位置合わせマークM₂上に結像される。マスク位置合わせマークM₂の寸法は、投影レンズの倍率Mを考慮して、基板位置合わせマークP₂の寸法に合わせて適合化される。2つのマークが相互に正しく位置付けされると、マークP₂の像はマークM₂に正確に一致する。

【0048】

基板Wへの経路および基板Wからの経路上において、位置合わせ測定ビームbおよびb₁は、四分の一波長板3（その光軸は、放射源1から来る直線偏光されたビームの偏光方向に対して45度の角度に延在する）を2回通過する。これにより、板3を通過するビームは、その偏光の方向がビームbの偏光方向に対して90度回転されており、従って、ビームb₁は偏光感知プリズム2を通過する。四分の一波長板と組み合わせて偏光感知プリズムを使用することは、位置合わせ測定ビームを位置合わせシステムの放射経路に結合するときに放射損失が最小であるという利点を有する。

【0049】

位置合わせマークM₂を通過するビームb₁は、プリズム11によって反射され、さらなる反射プリズム12によって放射感知検出器13に導かれる。この検出器は、例えば、複合フォトダイオードであって、例えば、図2による副回折格子の数に一致する4つの別個の放射感知領域を有する複合フォトダイオードである。副検出器の出力信号は、マークM₂がマークP₂の像と一致する程度に関する情報を有する。これらの信号は、電子的に処理して、基板位置合わせマークP₂の像がマスク位置合わせマークM₂に一致するように、駆動システム（図示されていない）によって基板に対してマスクを移動するのに使用できる。

【0050】

ビームb₁の一部をビームb₂に分割するビームスプリッタ14は、プリズム11と検出器13の間に配置できる。分割されたビームは、例えば、2個のレンズ15、16を介してテレビジョンカメラに入射する。テレビジョンカメラは、リソグラフ装置のオペレータが位置合わせマークP₂およびM₂を見る能够性を有するモニター（図示されていない）に結合される。

【0051】

マークM₁およびP₁と、M₁およびP₂は、位置合わせマークP₂およびM₂について上に説明されているのと同様の方法において、それぞれ互いに位置合わせすることができる。マークM₁およびP₁と、M₁およびP₂の位置合わせには、位置合わせ測定システムAS₂が使用される。

【0052】

回折格子またはその他の回折要素の形式における位置合わせマークP₁およびP₂は、そこに入射する位置合わせ測定ビームを、偏光していない0次サブビームと、複数の偏光した一次および高次サブビームとに分割する。基板位置合わせマークをマスク位置合わせマーク上に結像するために、これらのサブビームのうち同じ回折次数を有するサブビームのみが、位置合わせ測定システムにおいて選択される。サブビームを選択するため、投影レンズシステム内のうち、異なる回折次数に回折されたサブビームが十分な程度に空間的に離れる位置、例えば投影システムのフーリエ平面(Fourier plane)に次数ダイヤフラム(order diaphragm)が配置される。この次数ダイヤフラムは、図3において参照数字25によって線図的に示されていて、1枚の板で構成され、この板は、位置合わせ測定放射を透過させないが、複数の放射を透過させる複数の開口または領域を有する。位置合わせマークが二次

10

20

30

40

50

元構造である場合、板は4つの開口を有し、そのうち2つは、プラスXとマイナスXの方向において該当次数に回折されたサブビーム用であり、残りの2つは、プラスYとマイナスYの方向において該当次数に回折されたサブビーム用である。さらに、必要な次数の選択を向上させる追加の次数ダイヤフラムが、検出分岐に、すなわちマスク位置合わせマークから検出器13、13'までの放射経路の一部に、配置されることが望ましい。位置合わせには、一次に回折されたサブビームを使用することが望ましい。

【0053】

このシステムと方法によって測定できる最小の位置合わせ誤差、すなわち、システムの解像度は、回折格子の周期によって決まる。従って、測定可能誤差は、位置合わせ信号の補間によってある程度低下することがある。この方法の精度は、回折格子の構造の品質によって制限される。この品質は、基板の局所的な表面変形と、例えば、結果としてPICO、RICO、WICOにつながるリソグラフ処理段階とによって影響されることがある。これらのアーチファクトは、測定ビーム（例えば、He-Neレーザービーム）の大きなコヒーレンス長に起因する、オーバレイ信号におけるオフセットである。大きいコヒーレンス長のため、システムの光学部品によって影響されたレーザー放射が、必要な信号放射、すなわち、説明されている実施例においてはプラスとマイナスの一次の放射と干渉することがある。結果として生じるアーチファクトの誘発原因としては、マスク、またはレチクル（偏光によって誘発されるコヒーレンスオフセット：PICO）、レチクルの厚さ（レチクルによって誘発されるコヒーレンスオフセット：RICO）、基板、またはウェハのZ位置（ウェハによって誘発されるコヒーレンスオフセット：WICO）があげられる。

10

【0054】

本発明によると、図4に示されているように、従来使用してきた基板位置合わせマークの回折格子周期よりもかなり小さい回折格子周期を有する基板位置合わせマークP₁₀を使用することと、このマークの近くに配置される追加位置合わせマークP₁₁を使用することによって、この方法の解像度と精度をかなり高めることができる。図4は、基板位置合わせマークP₁₀を有する基板Wの一部を断面図として示している。追加位置合わせマークP₁₁は、基板の最上層のレジスト層RLに配置される。基板位置合わせマークと追加位置合わせマークは、それぞれ、回折格子周期PE₁₀、PE₁₁を有する。これらの周期は、投影レンズシステムの解像度または解像度のオーダーであることが望ましい。これらの回折格子周期は、図5に示されているようにわずかに異なる。

20

【0055】

図5の上側は、位置合わせマークの一部を断面図として非常に大きく拡大して示している。これらの位置合わせマークは、位相構造、例えば、位相回折格子によって構成される。基板位置合わせマークの回折格子周期PE₁₀は、追加位置合わせマークの回折格子周期P₁₁より大きいか、またはこの逆である。これらの位置合わせマークを位置合わせ測定ビームによって照射すると、ビームに対するこれらのマークの位相効果が干渉し、干渉位相パターン、または位相像が生成される。この位相パターン（ビートパターンまたはビート回折格子とも呼ばれる）は、次式によって与えられるビート周期PE_bを有する。

$$1/PE_b = 1/PE_{10} - 1/PE_{11}$$

30

【0056】

図5の下側のグラフ60は、x方向、すなわち精密基板回折格子と追加位置合わせ回折格子の回折格子片(grating strip)に垂直な方向に沿っての、位相パターンの平均位相深度APDの変動を示す。位相変動、つまりビートパターンの最大および最小の位置は、精密位置合わせ回折格子の相互位置によって求められる。精密位置合わせ回折格子のX方向におけるこの相互位置または相互シフトを測定するために、ビート位相パターンが、放射感知検出器の前に配置されるオンアクシスまたはオフアクシス測定回折格子、または測定マーク上に結像される。周期PE_bの粗ビートパターンは解像できるが周期PE₁₀およびPE₁₁の精密位置合わせマークは解像できない光学系が、この結像用として使用される場合には、位相パターンの正弦状の変動のみ、すなわちビートパターンの位置のみが検出される。測定マーク

40

50

に対するビートパターンの位置と、同じ測定マークに対する基板マークの位置との比較により、精密位置合わせマークの相対的なシフトをビートパターンの位置から求めることが出来る。基板基準マークは、精密位置合わせマークの近くに基板に配置されるグローバル位置合わせマークによって構成できる。測定マークは、オンアクシス位置合わせデバイスの場合においてはマスクグローバル位置合わせマークである。精密基板マークと追加マークの相互位置は、基準マークとビートパターンの相互位置から簡単な方法によって求めることができる。精密基板マークに対する $PE_{11}/2$ 上の追加マークのシフトは、 $PE_b/2$ 上のビートパターンのシフトと言う結果になる。

【0057】

従って、精密位置合わせマークの小さいシフトが、ビートパターンのかなり大きなシフトに変換される。すなわち、シフトが拡大される。拡大係数 M_f は、次式によって与えられる。

$$M_f = \text{ビートパターンのシフト} / \text{精密マークのシフト} = PE_{10} / (PE_{11} - PE_{10})$$

【0058】

この拡大により、位置合わせ信号処理における必要な検出器信号の補間が少なくなる。従って、測定はより正確になる。また、拡大により、PICO、RICO、WICOなどのアーチファクトに対するこの位置合わせ方法の感度も低下する。拡大により、ビートパターンの位置の測定は、それほど重要ではなくなる。ビートパターン位置を求めるときに誤差が生じても、精密マークを求めるときにはずっと小さい誤差($1/M_f$)となる。拡大係数は、10または20のオーダーである。

【0059】

測定信号は、相対的に広い基板表面域から取得された平均化された信号であるため、この信号は局所的な表面変形の影響を受けにくい。

【0060】

図3のオンアクシス位置合わせデバイスを使用した精密位置合わせ方法の実施が可能となるように、ビート周期 PE_b は、グローバルマスク位置合わせマーク、すなわち、オンアクシス位置合わせマークの周期に適合するように選択することができる。ビート周期を選択した後にも、精密位置合わせマークの形状の大きさ、すなわち、回折格子マークの場合には回折格子の周期を自由に選択できる。従って、工程によって誘発される変形の影響が最小となるように、精密基板マークを最適化することができる。回折格子マークの場合においては、このことは、例えば、回折格子周期が、リソグラフ装置によって基板上に投影するICデバイスの形状の寸法のオーダーでよいことを意味する。このような小さい周期の回折格子マークは、工程によって誘発される変形の影響を受けにくいと考えられる。

【0061】

基板精密位置合わせマークは、位相マークおよび/または振幅マークとしてもよい。位相マークの場合には、このマークは基板の1層にエッティングされる。追加の、すなわちレジストの精密位置合わせマークは、位相マークであることが望ましい。このマークは、現像されたレジスト層におけるマークによって構成することができる。このようなマークの位相深度は、レジストの屈折率と周囲の媒体（通常は空気）の屈折率との相違と、レジストの厚さによって決まる。屈折率のこの相違はかなり大きいため、レジスト厚さと位置合わせ信号の信号強度の間には強い相関関係がある。レジスト精密位置合わせマークは、現像されていないレジストにおける精密位置合わせマークの像である、いわゆる潜在マークとも呼ばれる。このような像は、投影ビーム放射が入射された第一領域と、入射されていない第二領域とを有する。これらの第一および第二領域に起因して、これらを通過する位置合わせ測定ビームの光路長は、異なる。この差は、第一領域における化学的な変化（これに起因して第一領域における屈折率が変化する）、または第一領域における材料の収縮（これに起因して第一および第二領域の高さが異なる）のいずれかが原因である。これらの影響は大きくなく、通常のレジスト厚さの場合、レジスト厚さによって位置合わせ信号の振動的な変化は発生しない。潜在精密位置合わせマークを使用することは、レジスト層を

10

20

30

40

50

有する基板を、レジストの現像のためにリソグラフ装置から取り出す必要がないという利点を提供する。

【0062】

潜在追加位置合わせマークを使用する場合、新規の位置合わせ方式を実施することができる。この方式は、以下のステップを有する。

ステップ1：基板精密位置合わせマークと基板基準マークとを形成し、かつレジスト層によって覆われている基板を、投影レンズシステムの下に配置する。

ステップ2：基板基準位置合わせマークを非基板基準マーク上に結像することによって、基板をマスクに対して位置合わせする。

ステップ3：追加精密位置合わせマークを、レジスト層に、基板精密位置合わせマークの上の領域に結像させる。 10

ステップ4：基板精密位置合わせマークと追加位置合わせマークの相互のシフトを、前述した方法によって測定する。この測定結果は、位置合わせデバイスの誤差の指標である。

ステップ5：この情報、すなわち、訂正係数CFを使用して、位置合わせを訂正する。

【0063】

基板基準位置合わせマークは、グローバル位置合わせマーク、または基板のIC領域に属する位置合わせマークとしてもよく、非基板基準マークは、マスクグローバル位置合わせマークまたはマスクの外側のマークとしてもよい。

【0064】

図6は、ステップS₁～S₅が上記のステップに対応するこの位置合わせ方式のフローチャートである。この位置合わせ手順を行った後、ウェハは、従来の方法、すなわちIC領域を順に露光する（図6におけるステップ6）。この新規の位置合わせ方式は、ロットあたり1ないし2枚のウェハに実行するのみでよい。 20

【0065】

この新しい方法は、空間フィルタ、または回折次数フィルタ(order filter)、または（例えば、ビートパターンからの一次サブビームのみを伝える）ダイヤフラムを使用することによって改良できる。このフィルタは、図3のフィルタ25に類似するものでもよい。このようなフィルタにより、位置合わせ測定デバイスにおいて発生しうる雑音およびその他の外乱に対する位置合わせ測定方法の感度をかなり下げることができる。ビートパターンをマスク回折格子上に結像させるために一次サブビームのみを使用する利点は、パターン像の周期が、投影レンズシステムの倍率に関係なくパターン自体の周期の半分であるということである。この結果、位置合わせ精度は、結像のために0次サブビームも使用される場合の2倍である。 30

【0066】

図7は、次数フィルタ25'を使用する方法を線図的に示す。この図において、bは、位置合わせ測定ビームであり、75は、リソグラフ装置の投影レンズシステム（図示されていない）を有する投影カラムにビームbを結合する反射器である。投影レンズシステムの光軸は、ビームbの経路の垂直の部分と一致する。基板精密位置合わせマークおよび追加位置合わせマークと、これらによって生成されるビートパターンは、複合構造である回折格子構造P_cによって線図的に表されている。サブビームb_{Pb}(+1)とb_{Pb}(-1)は、それぞれ、回折格子構造によってプラスの一次回折とマイナス一次回折に回折された位置合わせビーム部分である。これらのサブビームは、空間フィルタまたは次数フィルタの開口を通過して、マスク位置合わせマークと検出器に達する。他の回折次数のサブビームは、このフィルタによって阻止されて検出器に達することができない。 40

【0067】

図7は、図5の実施例において精密基板回折格子P₁₀のみによってプラス一次およびマイナス一次に回折されるサブビームb_{P10}(+1)とb_{P10}(-1)、および追加精密回折格子P₁₁のみによってプラス一次とマイナス一次に回折されるサブビームb_{P11}(+1)とb_{P11}(-1)も、説明のために示している。これらの精密回折格子の周期は小さいために回折角度が非常に大きく、これらのサブビームは投影レンズシステムに入射しない。すなわち、位置合わせデバイ 50

スは、個々の精密位置合わせマークではなくビートパターンのみを結像する。

【0068】

また、新しい方式は、二次元位置合わせ、すなわちX方向とY方向の両方における位置合わせにも使用できる。その場合、基板精密位置合わせマークと追加位置合わせマークは、グローバル位置合わせマークの場合について図2に示されているのと同様に、Y方向に延在する回折格子片とX方向に延在する回折格子片とを有する。

【0069】

また、新しい方法は、図1と図3に示されている位置合わせデバイスを使用する代わりに、他のオフアクシス位置合わせデバイスによっても実行できる。

【0070】

特に、ビートパターンをマスク位置合わせマーク上に結像するために使用される投影システムは、レンズ投影システムではなく、ミラーシステム、またはレンズとミラーを有するシステムでもよい。ミラー投影システムは、EUV装置など、投影ビームの波長が短いために適合するレンズ材料がない装置に使用される。

10

【0071】

また、この新しい方法は、オフアクシス位置合わせ測定デバイス、例えば、基準に対する基板マークの位置合わせを求めるデバイスであり、かつ、より高次のサブビーム、すなわち二次以上の回折次数を有するサブビームが使用されるデバイスによって実施することもできる。この場合、基板マークの位置合わせの測定が投影システムによって行われないため、より多くのサブビーム、特により高次のサブビームを使用できる自由度が大きい。位置合わせ測定デバイスの解像度は、一般にはサブビームの次数が高まるにつれて上がるため、位置合わせ測定の精度をかなり高めることができる。さらに、複数の波長を有する位置合わせ測定放射を使用することによって、回折格子の溝の深さに課せられる要件をかなり軽減することもできる。

20

【0072】

図8は、オフアクシス位置合わせ測定デバイスの回路図である。この図においては、ビートパターンを含む複合基板回折格子の構造は、Pcによって表される。この構造に入射する波長 λ を有する平行な位置合わせ測定ビームbは、回折格子の法線に対して異なる角度 θ_n (図示せず) に延在する多数のサブビームに分割されている。この角度は、回折格子の公知の関係式、

30

$$\sin \theta_n = N_n / P$$

によって定義される。ここで、式中のNは回折次数、Pは回折格子周期である。複合回折格子構造によって反射されるサブビームの経路には、レンズシステムL1が含まれている。このレンズシステムは、サブビームの異なる方向を、これらサブビームの平面78における異なる位置 u_n に変換する。

$$u_n = f_1 \cdot \sin \theta_n$$

【0073】

面78には、異なるサブビームをさらに分離するための手段を設けることができる。この目的のため、例えば、くさびの形式の偏光要素が設けられた板を、この平面に配置することができる。図8には、くさび板がWEPによって示されている。くさびは、例えば、板の後面に設けられる。そして、プリズム77を板の前面に設け、このプリズムによって、放射源76 (例えば、He-Neレーザー) から来る位置合わせ測定ビームを位置合わせ測定デバイスに結合することができる。また、このプリズムにより、0次のサブビームが検出器に達することを防ぐことができる。くさびの数は、使用されるサブビームの数に対応する。図に示されている実施例においては、7次までのサブビームを位置合わせ測定に使用できるよう、プラス次数の測定方向あたり6つのくさびが存在する。サブビームの最適な分離が得られるように、すべてのくさびはくさび角度が異なる。

40

【0074】

第二レンズシステムL2は、くさび板の後ろに配置されている。このレンズシステムは、回折格子構造Pcを平面基準板RGPに結像する。くさび板がないと、すべてのサブビームが基

50

準板上に重なる。異なるサブビームが、くさび板によって異なる角度に偏光されるため、サブビームによって形成される像は基準板上の異なる位置に来る。これらの位置 x_n は、次式によって与えられる。

$$x_n = f_2 \cdot n$$

式中の n は、サブビームがくさび板によって偏光される角度であり、 f_2 はレンズシステム L_2 の焦点長さである。これらの位置に、基準回折格子 $G_{90} \sim G_{96}$ （図示されていない）を設けることができ、それぞれの後ろに別個の検出器90～96が配置されている。各検出器の出力信号は、回折格子構造Pcの像が、対応する基準回折格子に一致する程度に依存する。このため、基板回折格子構造、従って基板の位置合せの程度は、各検出器90～96によって測定することができる。しかしながら、測定の精度は、使用されるサブビームの次数に依存する。次数が大きいほど精度は高くなる。各基準回折格子の回折格子周期は、対応するサブビームの次数に応じて適合化される。次数が高いほど回折格子周期は小さくなり、小さな位置合わせ誤差の検出が可能になる。10

【0075】

ここまででは、一組の回折次数しか考慮されていなかった。しかしながら、回折構造Pcによって、+1、+2、+3次などのサブビーム以外に、回折次数-1、-2、-3などのサブビームも形成される。回折格子構造の形成には、プラス次数とマイナス次数の両方のサブビームを使用することが出来る。すなわち、回折格子構造の第一像は、+1次と-1次の合同によって形成され、第二像が+2次と-2次のサブビームの合同によって形成され、以下同様である。+1次と-1次のサブビームに対してはくさびを使用する必要はないが、経路長の差を補正する面が平行な板を、くさび板の平面におけるこれらのサブビームの位置に設けることができる。従って、プラス次数とマイナス次数の両方に対し6個のくさびが、次数2～7に対して必要となる。また、Y方向における位置合わせ測定用に、7つのさらなる基準回折格子と7本のサブビームとを使用できる。この場合、12個のくさびのこの第二セットは、図8の実施例の場合くさび板上にY方向に配置される。20

【0076】

異なる回折次数を使用できるオフアクシス位置合わせデバイスのさらなる詳細と実施例については、WO 98/39689を参照されたい。この特許出願は、異なる回折次数が使用される環境と、2つの波長を有する位置合わせ放射をオフアクシス位置合わせデバイスに使用できることを、説明している。後者は、基板位置合わせマークの溝の深さに対して厳しい要件を課す必要がないという利点を提供する。30

【0077】

オフアクシス位置合わせ測定デバイス、例えば、図8のデバイスを使用すると、基板の位置のみならず、基板ホルダーまたは基板テーブルの位置も測定することができる。この目的のため、ホルダーまたはテーブルに、グローバル基板位置合わせマークに類似する位置合わせマークが設けられている。位置合わせ測定デバイスにおける基準に対する基板ホルダーの位置が求められていれば、基板ホルダーマークに対する基板マークの位置がわかる。マスクパターンと基板の相互的な位置を求めることができるようになるためには、さらなる測定、すなわち基板ホルダーまたはテーブルに対するマスクパターンの位置の測定が必要である。この測定には、図1と図3を参照して説明されているオンアクシス位置合わせデバイスが、使用できる。この場合、このデバイスによって、基板ホルダーマークに対するマスクマークの位置が求められる。図3のダブル位置合わせ測定デバイスのみならず、米国特許4,252,160に説明されているシングル位置合わせ測定デバイスも使用できる。40

【0078】

基板ホルダーまたはテーブルに対するマスクパターンの位置合わせを測定する別の可能性は、例えば、米国特許4,540,277に説明されている像センサーデバイスの使用である。このようなデバイスにおいては、マスク位置合わせマークは、基板テーブル内の対応する透過的な基準マーク上に投影放射によって結像される。このテーブル内には、基準マークを通過する放射を電気信号に変換するための検出器を、基準マークの後ろに配置することができる。この像センサーデバイスの当初の目的は、投影放射の波長とはかなり異なる波長50

を有する位置合わせ放射によって作動するオンアクシス位置合わせデバイスを較正したり、投影システムによって形成される像の画質をチェックしたり、発生しうるひずみと逸脱を測定することであった。しかしながら、像センサーは、基板テーブルに対するマスクパターンの位置合わせを測定するのにも極めて適合する。基板テーブルマークに対するマスクマークの位置合わせを求めるために、米国特許4,540,277に説明されている透過式の像センサーデバイスの代わりに、反射式に作動する像センサーデバイスを使用することができる。（米国特許5,144,363に記載されている）このようなデバイスは、テーブル上の反射式マークを使用して作動し、かつ異なる角度でマークを観測する相対的に多数の検出器を有する。このデバイスは、投影レンズシステムと基板テーブルの間に配置されるセンサー板に、関連する光学系と共に設けられる。

10

【0079】

マスクホルダー、投影システム、および基板ホルダーを有するオフアクシス位置合わせ測定デバイスは、投影カラム内に配置できる。より小さいデバイス形状を有する、従ってより多数の電子部品を有する、より大きなICの需要が増加するに従って、位置合わせ手順にはますます時間がかかるようになる。従って、さらなる対策がなければ、これらのICを製造するためのリソグラフ投影装置のスループットは増加する傾向がある。このような装置に別個の測定ステーションを加えることが、すでに提案されている。このステーションにおいては、ウェハを投影カラムまたは投影ステーションに配置する前に、例えば、基板のX、Y、およびZ方向における位置を測定する。この測定ステーションにおいて、基板ホルダーまたはテーブル上の位置合わせマークに対して基板マークを位置合わせすることができる。ホルダーと基板とを投影カラムの中に配置した後、マスク位置合わせマークのみを、基板ホルダーマークに対して位置合わせすればよく、これに要する時間は短い。投影ステーション内の第一基板を露光している間に、このような別個の測定ステーションと投影ステーションを有する装置の別個の測定ステーションにより第二の基板が測定されるため、この装置のスループットは、別個の測定ステーションが存在しない装置におけるスループットよりもかなり大きくなる。本発明の位置合わせ測定方法は、この測定ステーションにおいて有利に使用できる。

20

【0080】

実際には、本発明の方法は、基板上の少なくとも1つの層にデバイスを製造する工程における1ステップとして、すなわち、当該層の上のレジスト層にマスクパターンを結像する前に、基板に対してマスクパターンを位置合わせするステップとして、適用される。像が現像された後、プリントされた像によって描かれている当該層の領域から材料が取り除かれ、またはその領域に材料が加えられる。結像および材料の除去または追加のこれらの工程段階は、デバイス全体が完了するまですべての層に対して繰り返される。

30

【0081】

本発明は、ICを製造するために基板上にマスクパターンを結像するための装置における使用を参照しながら説明されているが、このことは、本発明がこれに限定されることを意味するものではない。本発明は、一体型または平面型の光学系、磁気ヘッド、または液晶パネルを製造するための装置においても使用できる。投影装置は、光学的装置（投影ビームが電磁放射のビームであり、かつ投影システムが光学的投射レンズまたはミラーシステムである装置）のみならず、投影ビームが電子ビーム、イオンビーム、またはエックス線ビームなどの荷電粒子ビームであって、かつ関連する投影システム（例えば、電子レンズシステム）が使用される装置であってもよい。本発明は、一般に、非常に小さい細部を有する像を形成する必要のある結像システムにおいて使用できる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】 マスクパターンを基板上に繰り返し結像するためのリソグラフ投影装置の実施例を示す。

【図2】 グローバル基板位置合わせマークの実施例を示す。

【図3】 新規の位置合わせ方法を実行することができるダブル位置合わせ測定デバイスの実施例を示す。

50

【図4】 それぞれ基板とレジスト層に形成される、精密基板位置合わせマークと追加位置合わせマークの実施例を示す。

【図5】 これらのマークの拡大された断面図である。

【図6】 新規の位置合わせ方式のフローチャートを示す。

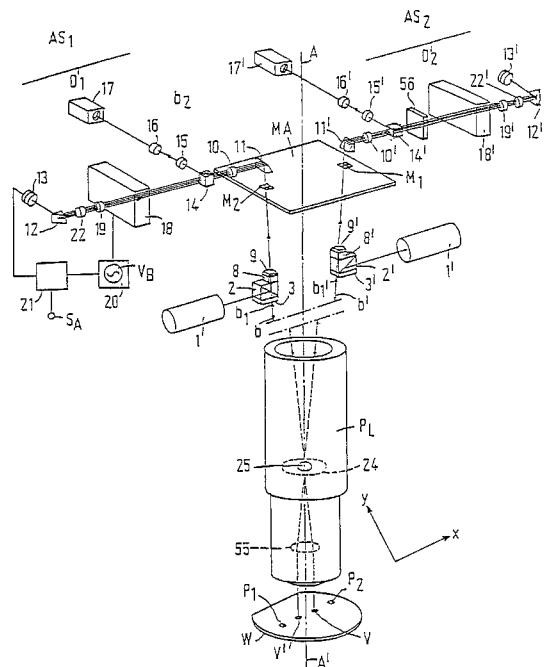
【図7】 オンアクシス位置合わせ測定デバイスの次数フィルタと、精密位置合わせマークによって生成される一次サブビームを示す。

【図8】 新規の位置合わせ方法を実行することができるオフアクシス位置合わせ測定デバイスの実施例を示す。

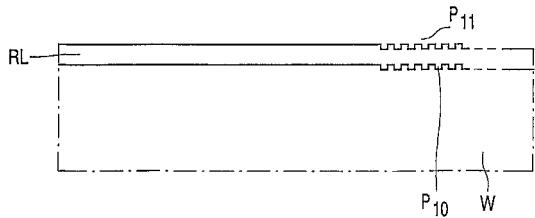
【符号の説明】

1 放射源	10
2 ビームスプリッタ	
3 四分の一波長板	
11 反射要素	
12 反射プリズム	
13 放射感知検出器	
14 ビームスプリッタ	
15、16 レンズ	
25 次数ダイヤフラム	
26 プリズム	
27 反射面	20
28 第二反射面	
29 反射器	
30 反射要素	
31 ミラー	
40 放射源	
41 ビームスプリッタ	
42 反射プリズム	
43 プリズム	
44 再帰反射器	
45 反射器	30
46 放射感知検出システム	
50 放射源	
51 ビームスプリッタ	
52 固定基準ミラー	
53 放射感知検出器	
75 反射器	
76 放射源	
77 プリズム	
78 サブビームの平面	
90～96 検出器	40
C マスクパターン	
MA マスク	
W 基板	
WT 基板テーブル	
LA 放射源	
LS レンズシステム	
RE 反射器	
CO 集光レンズ	
PB 投影ビーム	
MT マスクテーブル	50

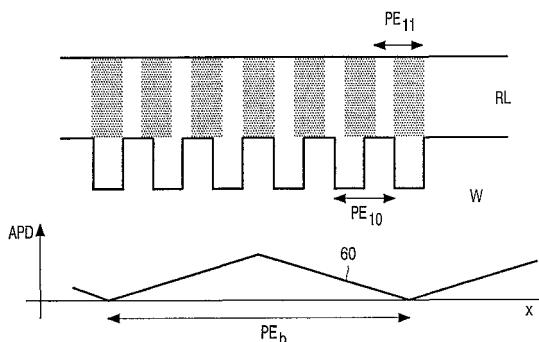
【図3】



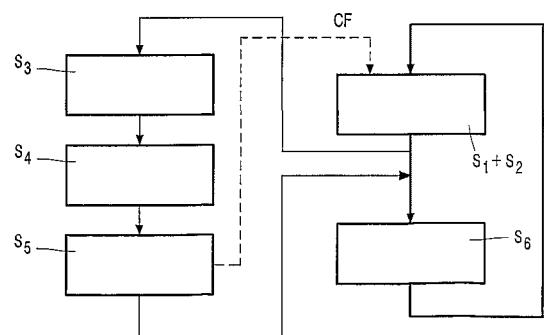
【 図 4 】



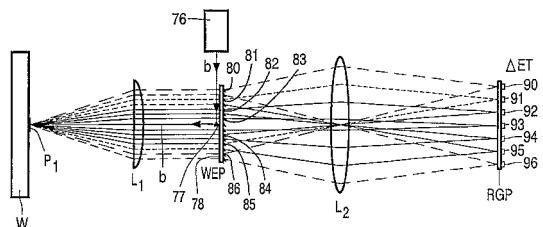
【図5】



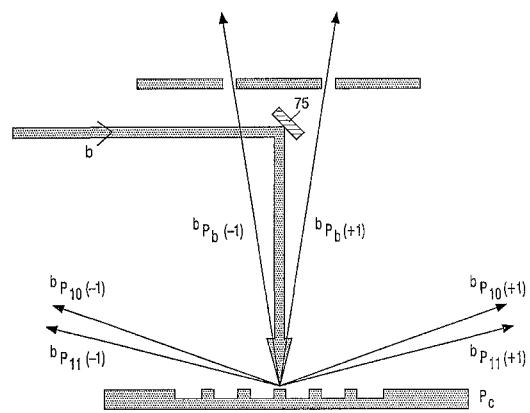
【図6】



【 四 8 】



〔 7 〕



フロントページの続き

(72)発明者 ネイチェン ヤコブ エイチ エム
オランダ国 5 6 5 6 アー アー アインドーフェン プロフホルストラーン 6

(72)発明者 ヴァン ダー ワーフ ジャン イー^{イー}
オランダ国 5 6 5 6 アー アー アインドーフェン プロフホルストラーン 6

審査官 多田 達也

(56)参考文献 特表平09-504142(JP, A)
特開平06-094421(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027