

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4404502号
(P4404502)

(45) 発行日 平成22年1月27日 (2010. 1. 27)

(24) 登録日 平成21年11月13日 (2009. 11. 13)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006. 01)
 GO 1 B 9/02 (2006. 01)
 GO 1 B 11/00 (2006. 01)
 GO 3 F 7/20 (2006. 01)

HO 1 L 21/30 5 2 5 R
 HO 1 L 21/30 5 0 2 M
 HO 1 L 21/30 5 2 5 W
 GO 1 B 9/02
 GO 1 B 11/00 D

請求項の数 20 (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-121418 (P2001-121418)
 (22) 出願日 平成13年4月19日 (2001. 4. 19)
 (65) 公開番号 特開2001-358068 (P2001-358068A)
 (43) 公開日 平成13年12月26日 (2001. 12. 26)
 審査請求日 平成17年9月30日 (2005. 9. 30)
 (31) 優先権主張番号 09/553270
 (32) 優先日 平成12年4月20日 (2000. 4. 20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 503195263
 エーエスエムエル ホールディング エヌ
 . ブイ.
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 5 5 0
 4 ディー アール, デ ラン 6 5 0 1
 (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 ジャスティン エル クルーザー
 アメリカ合衆国 コネティカット トラン
 バル ブランディ レーン 7

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アライメントセンサ、アライメントセンサシステム、イメージ回転形干渉計及びアライメントマ
 ーク検出方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

アライメントセンサが、アライメント照明源を有し、前記アライメント照明源により照
 明された対称アライメントマークからの電磁放射を受信するイメージ回転形干渉計を有し
 、イメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信する検出器を有し、それにより、対称アラ
 イメントマークのセンタロケーションの位置が求められるように構成されており、

前記イメージ回転形干渉計が、対称アライメントマークの第 1 イメージ及び、対称アラ
 イメントマークの回転された第 2 イメージを生成し、第 1 , 第 2 イメージを再結合するよ
 うに構成されていることを特徴とするアライメントセンサ。

【請求項 2】

前記イメージ回転形干渉計がプリズムを有する、請求項 1 記載のアライメントセンサ。

【請求項 3】

前記アライメント照明源がコヒーレントである、請求項 1 記載のアライメントセンサ。

【請求項 4】

対称アライメントマークが、180°対称性を有する、請求項 1 記載のアライメントセ
 ンサ。

【請求項 5】

対称アライメントマークは、等しい間隔をおかれた線及びスペースを有する、請求項 4
 記載のアライメントセンサ。

【請求項 6】

対称アライメントマークは、格子である、請求項5記載のアライメントセンサ。

【請求項 7】

対称アライメントマークは、チェッカーボードである、請求項5記載のアライメントセンサ。

【請求項 8】

対称アライメントマークは、グリッドである、請求項5記載のアライメントセンサ。

【請求項 9】

アライメントセンサが、電磁放射源を有し、前記電磁放射源からの電磁放射を受信し、該電磁放射を対称アライメントマークへ向けるビームスプリッタを有し、対称アライメントマークからの電磁放射を受信するように位置決めされた光学素子を有し、前記光学素子は、対称アライメントマークの第 1 イメージと、対称アライメントマークの回転された第 2 イメージとを形成し、それらの第 1 , 第 2 イメージを干渉計において再結合させるように構成され、光学素子からの電磁放射を受信するように位置決めされた検出器を有し、前記検出器に結合された信号アナライザを有し、前記信号アナライザは、前記検出器からの信号に基づきアライメントターゲットの対称のセンタを求めるように構成されていることを特徴とするアライメントセンサ。

10

【請求項 10】

前記アライメント照明源がコヒーレントである、請求項9記載のアライメントセンサ。

【請求項 11】

前記光学素子がプリズムを有する、請求項9記載のアライメントセンサ。

20

【請求項 12】

前記対称アライメントマークは、 180° 対称的である、請求項9記載のアライメントセンサ。

【請求項 13】

スキャニングフォトリソグラフィ装置用のアライメントセンサシステムが、サブストレートを保持し、対称のセンタを備えた対称アライメントマークを持つスキャニングステージを有し、対称アライメントマークを照明する照明野を生じさせるコヒーレントな電磁放射源を有し、それにより、対称なアライメントマークは、前記スキャニングステージにより、照明野を横断してスキャニングされ、前記コヒーレントなアライメント照明源により照明される対称アライメントマークからの電磁放射を受信するイメージ回転形干渉計を有し、前記イメージ回転形干渉計は、アライメントマークの第 1 イメージ、及びアライメントマークの回転された第 2 イメージを生じさせ、そして第 1 および第 2 イメージを干渉計において再結合させ、イメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信する検出器を有し、前記検出器に結合された信号アナライザを有し、前記信号アナライザは、前記検出器からの正弦波信号を受信し、それによりアライメントマークの対称性のセンタが求められるように構成されていることを特徴とするアライメントセンサシステム。

30

【請求項 14】

対称アライメントマークからの電磁放射を受信するイメージ回転形干渉計を有し、該対称アライメントマークは 1 つのセンタを有し、そしてアライメント照明源により照明され、

40

対称アライメントマークから受信されたイメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信して、第 1 方向におけるアライメントの情報を送出する第 1 検出器を有し、

対称アライメントマークから受信されたイメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信して、第 2 方向におけるアライメントの情報を送出する第 2 検出器を有し、

前記第 1 および第 2 検出器に結合された信号アナライザを有し、前記信号アナライザは、アライメントセンサのアライメント軸と、対称アライメントマークのセンタとの一致を求め、

それにより、対称アライメントマークのセンタの位置が求められるように構成されており、

前記イメージ回転形干渉計が、前記対称アライメントマーク第 1 イメージと、前記対称

50

アライメントマークの回転された第2イメージとを形成し、前記第1及び第2のイメージを再結合することを特徴とするアライメントセンサ。

【請求項15】

さらに1つの照明源を有し、前記照明源は、少なくとも3つの異なる波長を有するコヒーレントな照明光を生じさせる、請求項14記載のアライメントセンサ。

【請求項16】

アライメントセンサのアライメント軸に垂直な波面を有する空間的にコヒーレントなコリメートされた電磁放射を送出する1つの照明源をさらに有する、請求項14記載のアライメントセンサ。

【請求項17】

前記イメージ回転形干渉計が、複数のプリズムから成る1つのソリッドガラスアセンブリを有する、請求項14記載のアライメントセンサ。

【請求項18】

前記ソリッドガラスアセンブリが、1つのビームスプリッタ表面で接合された2つのプリズムを有する、請求項17記載のアライメントセンサ。

【請求項19】

前記イメージ回転形干渉計が、振幅干渉を生じさせる、請求項14記載のアライメントセンサ。

【請求項20】

前記イメージ回転形干渉計が、偏光状態の干渉を生じさせる、請求項14記載のアライメントセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、アライメントセンサ、アライメントセンサシステム、イメージ回転形干渉計及びアライメントマーク検出方法に関する。本発明は、一般には半導体装置の製造において使用されるリソグラフィ技術に関わり、特にアライメントシステムに関わる。

【0002】

【従来の技術】

本発明の背景技術について述べる。半導体デバイスの製造にはリソグラフィ技術が使用される。1つの対象物を既知の基準座標系にアライメント整合させたり、または位置定めさせたりすることはしばしば必要である。マイクロ回路リソグラフィでは、1つのレチクルのイメージが、感光性のサブストレート、または、ウエーハ上に投影され、そのイメージは、回路パターンを形成するように復元される。種々異なるプロセッシングステップにおいては、半導体デバイスを形成するために種々の層が順次、サブストレート上に生成されることが要求される。従ってサブストレートを、高い精度で再配置することが必要である。サブストレートは、その上に形成された先行のパターンに対して相対的に正確に位置定めしなければならない。アライメント精度は、しばしばクリティカルであり、通常0.1μより小であることを要する。一般に、アライメントマークまたはターゲットは、アライメントすべきサブストレート上に施され、アライメントセンサのような、第2の対象物への基準となるように位置決めされる。アライメントマークの位置、従って、サブストレートの位置は、アライメントセンサの座標に関連付けて求められる。これは、アライメントにおけるクリティカルなステップである。アライメントマークの位置は、通常、ウエーハ平面に関して、そしてアライメントマークパターンのある部分の対称性のセンタに関して、規定される。通常アライメントセンサは、ウエーハまたはサブストレートの平面に対して垂直なアライメント軸を有する。概して、アライメントセンサは、特別なアライメントマークパターンの使用を、または複数のアライメントマークパターンの比較的制限されたクラスの使用を、要する。これらは、サブストレートまたは、ウエーハ上に配されたアライメントマークパターンである。

【0003】

1つのアライメントシステムが、1995年12月19日にDavid Angeley氏他により出願された“Off Axis Alignment System For Scanning Photolithography”と題する米国特許第5,477,057号で開示されており、そのシステムは、ここに参考として引用されている。そこに開示されているのは、ウェーハ上に配された複数のアライメントマークから散乱され、反射された光の検出のための多数の検出器を有するアライメントシステムである。他のアライメントシステムは、1996年9月24日にGallatin氏他により出願された“Mask And Wafer Diffraction Grating Alignment System Wherein The Diffracted Light Beams Return Substantially Along An Incident Angle”と題する米国特許第5,559,601号で開示されている。そのアライメントシステムは、ここに参考として引用されている。そこに開示されているのは、戻りの電磁放射強度から、アライメントを求めるための、コヒーレント照明を利用する格子-格子干渉計ウェーハアライメントシステムである。他のアライメントシステムは、1998年6月16日にMcCullough氏により出願された“Multiple Detector Alignment System For Photolithography”と題する米国特許第5,767,523号で開示されている。そのアライメントシステムは、ここに参考として引用されている。そこに開示されているのは、所定のアパーチャ開口を有する不透明の層でカバーされた感光性表面を備えた検出器である。このアパーチャ開口において、所定のアパーチャを有するマッチング整合されるレチクルと組合せられる。

10

【0004】

これらのアライメントシステム及び他のアライメントシステムは、所期の目的のためには、それなりの機能上の実効を挙げてはいるものの、アライメントシステムの精度を向上改善させる必要性が増大している。

20

【0005】

更に、アライメントマークパターンの比較的大きなクラスを利用し得るアライメントシステムの必要性が存在している。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の課題とするところは、半導体デバイスの製造に使用されるリソグラフィシステムにおける改善されたアライメントセンサないしアライメントセンサシステム等のアライメント技術を提供することにある。

【0007】

30

【課題を解決するための手段】

上記課題は、本発明により、

アライメントセンサが、

アライメント照明源を有し、

前記アライメント照明源により照明された対称アライメントマークからの電磁放射を受信するイメージ回転干渉計を有し、

イメージ回転干渉計からの電磁放射を受信する検出器を有し、

それにより、対称アライメントマークのセンタロケーションの位置が求められるように構成されていることを特徴とするアライメントセンサを提供することにより解決される。

【0008】

40

また上記課題は、本発明により、

アライメントセンサが、

電磁放射源を有し、

前記電磁放射源からの電磁放射を受信し、該電磁放射をアライメントマークへ向けるビームスプリッタを有し、

アライメントマークからの電磁放射を受信するように位置決めされた光学素子を有し、

前記光学素子は、アライメントマークの第1イメージと、アライメントマークの回転された第2イメージとを形成し、それらの第1,第2イメージを干渉計的に再結合させるように構成され、

光学素子からの電磁放射を受信するように位置決めされた検出器を有し、

50

前記検出器に結合された信号アナライザを有し、
前記信号アナライザは、前記検出器からの信号に基づきアライメントターゲットの対称のセンタを求めるように構成されていることを特徴とするアライメントセンサを提供することにより解決される。

【0009】

また上記課題は、本発明により、
アライメントマークを検出する方法が、
電磁放射によってアライメントマークを照明するステップを有し、
アライメントマークの第1イメージを生成するステップを有し、
第1イメージに対して相対的に回転されたアライメントマークの第2イメージを生成する
ステップを有し、
第1イメージと第2イメージとを再結合するステップを有し、
それにより、アライメントマークの位置が正確に求められることを特徴とするアライメン
トマーク検出方法を提供することにより解決される。 10

【0010】

また上記課題は、本発明により、
イメージ回転形干渉計が、
1つのイメージを第1および第2イメージに分割するビームスプリッタを有し、
第1イメージを受信する第1回転光学素子を有し、これにより第1イメージが回転され、
第2イメージを受信する第2回転光学素子を有し、これにより、第2イメージが回転され
、
第1および第2イメージを受信する結合光学素子を有し、これにより第1および第2イメ
ージが結合されることを特徴とするイメージ回転形干渉計を提供することにより解決され
る。 20

【0011】

また上記課題は、本発明により、
スキャニングフォトリソグラフィ装置用のアライメントセンサシステムが、
サブストレートを保持し、対称のセンタを備えた対称アライメントマークを持つスキャニ
ングステージを有し、
対称アライメントマークを照明する照明野を生じさせるコヒーレントな電磁放射源を有し
、それにより、対称なアライメントマークは、前記スキャニングステージにより、照明野
を横断してスキャニングされ、
前記コヒーレントなアライメント照明源により照明される対称アライメントマークからの
電磁放射を受信するイメージ回転形干渉計を有し、
前記イメージ回転形干渉計は、アライメントマークの第1イメージ、及びアライメントマ
ークの回転された第2イメージを生じさせ、そして第1および第2イメージを干渉計的に
再結合させ、
イメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信する検出器を有し、
前記検出器に結合された信号アナライザを有し、
前記信号アナライザは、前記検出器からの正弦波信号を受信し、それによりアライメント
マークの対称性のセンタが求められるように構成されていることを特徴とするアライメン
トセンサシステムを提供することにより解決される。 30 40

【0012】

さらに上記課題は、本発明により、
2つの方向におけるアライメントを検出するための1つのアライメント軸を有するアライ
メントセンサが、
対称アライメントマークからの電磁放射を受信するイメージ回転形干渉計を有し、
該対称アライメントマークは1つのセンタを有し、そしてアライメント照明源により照明
され、
対称アライメントマークから受信されたイメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信して 50

、第1方向におけるアライメントの情報を送出する第1検出器を有し、
対称アライメントマークから受信されたイメージ回転形干渉計からの電磁放射を受信して
、第2方向におけるアライメントの情報を送出する第2検出器を有し、
前記第1および第2検出器に結合された信号アナライザを有し、
前記信号アナライザは、アライメントセンサのアライメント軸と、対称アライメントマ
ークのセンタとの一致を求め、
それにより、対称アライメントマークのセンタの位置が求められるように構成されている
ことを特徴とするアライメントセンサを提供することにより解決される。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明は、 180° の対称性を有する任意のマークの対称性の中心を、自己参照基準とす
るアライメントセンサに関する。サブストレート上に配された 180° の対称性を有するア
ライメントマークは、コヒーレント照明により照明される。アライメントマークのイメー
ジは、2つのイメージに分割される。それらのイメージは相互に 180° 回転され、そし
て、干渉計によりコヒーレントに再結合される。干渉計光路の適当な位相調整により、ア
ライメントセンサの軸がアライメントマーク対称性のセンタにおかれたとき、再結合され
たイメージは、検出可能でしかも識別可能な方法で振幅において破壊的、または非破壊的
に干渉するか、または、検出可能でしかも識別可能な偏光状態を形成するように結合する
。アライメントマークは、 180° 対称性を有するマークの任意のクラスのものであって
よく、たとえば次のようなものであっても良い。即ち、スペースとラインの交番するパタ
ーン、グリッドパターン、または、他の対称パターンを含むチェッカーボード形パターン
であってよい。2つのイメージを形成し、2つのイメージを相互に回転し、2つのイメ
ージを干渉計的に再結合するために、1つのプリズムを使用することが望ましい。検出器
は、再結合された2つのイメージの結果としての干渉を検出し、そしてサブストレートの
位置を正確に検出するようアライメントマークのセンタを位置決めする。

【0014】

本発明の1つの利点は、 180° 対称性を有するマークが使用されることである。

【0015】

本発明の1つの特徴は、アライメントマークのセンタを正確に識別するため、アライメン
トマークの2つのイメージが、干渉計においてコヒーレントに再結合されることである。

【0016】

本発明の1つの特徴は、 180° 対称性を有するアライメントマークを分割し、回転し、
再結合させるのに1つのプリズムが使用されることである。

【0017】

これら及び他の目的、利点及び特徴点が、以降の説明から容易に明らかになる。

【0018】

【実施例】

図1は、本発明のアライメントセンサの概略図を示している。アライメントセンサ10は
、レーザのようなコヒーレント照明源12を有していて、この照明源12は、ビームスプ
リッタ14へ電磁放射13を供給する。電磁放射の一部が、コーティング被覆部16のと
ころで反射されて、アライメントマークまたはターゲット18を照明する。アライメント
マークまたはターゲット18は、 180° の対称性を有している。このことは、この 180°
の対称性によって、アライメントマークまたはターゲット18がアライメントマーク
18の平面に対して垂直な対称軸の周りに 180° 回転された場合、そのアライメントマ
ークが、回転前のアライメントマークに、実質的に一致するということを意味する。上記
のことが成り立つ軸は、対称軸と称されている。アライメントマーク18は、感光性サブ
ストレートまたはウエーハ20上に、またはその中に備えることができる。感光性サブ
ストレート20は、ステージ22上に置かれる。ステージ22は、矢印24で示す方向にス
キャンされることができる。アライメントマーク18から反射された電磁放射は、ビーム
スプリッタ14を通過し、イメージ回転形干渉計26により集められる。ここでは良好な

10

20

30

40

50

品質のイメージを形成する必要はないが、アライメントマークの特徴は十分分解されるべきであることは重要である。イメージ回転形干渉計 26 は、任意の適切な光学素子のセットであって良いが、次のようなプリズムの組合せであることが望ましい。即ち、アライメントマークの 2 つのイメージを形成し、イメージのうちの一方をその他方に対して 180° 回転させ、次いで 2 つのイメージを干渉計的に再結合させる。そのようにすることにより、アライメントターゲット 18 とアライメントしたとき、電磁放射は、偏光において、または振幅において、破壊的に、または非破壊的に干渉して、アライメントマーク 18 のセンタが容易に検出可能となる。干渉計 26 により確定された回転のセンタを通過する光線は、センサアライメント軸 27 を規定する。検出器 28 は、イメージ回転形干渉計 26 からの電磁放射を受信する。次いで検出器 28 は、信号を信号アナライザ 30 に供給する。信号アナライザ 30 は、アライメントマーク 18 のセンタが求められれば、ステージの位置が検知されるようにステージ 22 に接続されている。従って、アライメントマーク 18 の位置はステージ 22 に関して極めて正確に求められる。選択的に、アライメントマーク 18 のセンタがアライメントセンサ 10 を基準として求められるようにして、アライメントセンサ 10 の位置が検知されても良い。従って、アライメントターゲット 18 のセンタの正確な位置が、1 つの基準位置に対して相対的に検知される。それにより、イメージ回転形干渉計と組合せられた 180° 対称であるクラスのアライメントマークを使用することにより、アライメントシステムは、アライメントマークのセンタを自己基準とする。これにより、アライメントマークは単に 180° 対称でありさえすれば良いだけなので、アライメントマークの幅広いバリエーションが使用可能になる。更に、マークのセンタは、比較的劣悪なイメージを用いてさえ、極めて正確に求めることができる。

【0019】

図 2A ~ E は、種々の異なるアライメントマークの例の平面図である。留意すべきことには、図 2A ~ E に示されているのは、単に異なるアライメントマークの例に過ぎず、多くの様々な 180° 対称のアライメントマークが、本発明の実施上利用できることである。そのようなアライメントマークは、当業者であれば、本発明の教示に基づき、容易に求め得るものである。図 2A は、正方形グリッドのチェッカーボードのアライメントターゲット 18A を示している。ターゲット 18A は、複数の光学的に異なる 2 つのタイプの正方形 34 および 36 から成っている。正方形の 2 つのタイプは、パターン、反射率（振幅及び/または位相）、またはそれらの任意の組合せによって区別されてもよい。アライメントマーク 18A は、主に相互に直角を成すように配向された 2 つの直線的格子のような働きをする。一方の格子は、エッジまたはライン 32 に配向に関して +45° の角度であり、他方の格子は、エッジまたはライン 32 の配向に関して -45° の角度をなしている。

【0020】

アライメントマーク 18A は、その平面に対して垂直な軸の周りに、180° 回転されると、実質的に同一のパターンまたはマークを生じる。従ってアライメントマーク 18A は、180° 対称である。

【0021】

図 2B は、ダイヤモンド形のアライメントマーク 18B を示している。アライメントマーク 18B は、その間にスペース 38 を有する等しい間隔をおかれた複数の垂直ライン 40 から成る。アライメントマーク 18B は、アライメントマーク 18B の平面に対して垂直な軸の周りに 180° 回転されると、実質的に同一のパターンまたは、マークが形成される。従って、アライメントマーク 18B は、180° 対称である。

【0022】

図 2C は、別のアライメントマーク 18C を示している。アライメントマーク 18C は、スペース 42 により分離された複数のライン 44 を有している。スペース 42 は、異なった間隔、または大きさを有している。従って、ライン 44 は、異なるピッチまたは周期を有している。ライン 44 の異なる周期は、中央ライン 46 に関して対称である。従って、アライメントターゲット 18C が、アライメントマーク 18C の平面に対して垂直な軸の周りに 180° 回転されると、実質的に同じパターンまたはマークが形成される。従って

、アライメントマーク 18C は、 180° 対称である。

【0023】

図 2D は、別のアライメントターゲット 18D を示している。アライメントターゲット 18D は、スペース 39 とランド 41 とを有する交番するラインを備えている。スペース 39 およびランド 41 は、アライメントターゲット 18D の長手軸に対して、 45° の角度を成している。

【0024】

図 2E は、別のアライメントターゲット 18E を示している。アライメントターゲット 18E は、スペース 45 とランド 43 とを有する交番するラインを備えている。スペース 45 とランド 43 は、アライメントターゲット 18E の長手軸に対して、 45° の角度を成している。

【0025】

図 3A ~ E は、本発明のアライメントセンサのイメージ操作を、そして特に、図 1 に示したイメージ回転干渉計 26 におけるイメージ操作を示している。図 3A は、イメージ 48 の形成の状態を示している。図解の目的のためイメージは、文字 F として選択してある。但し、本発明を実施する際、留意すべきことは、 180° 対称アライメントマークのイメージが形成されることである。文字 F は、 180° 対称マークではない。図 3B は、図 3A に示したイメージ 48 の 2 つのイメージ 48 a、48 b の形成を示している。図 3C は、図 3B に示した 48 a、48 b のうち的一方を、他方に対して回転させ、 180° 回転されたイメージ 48 を形成している様子を示している。図 3D は、図 3C にされた 180° 回転したイメージ 48 a、48 b を再結合して、干渉計的に再結合されたイメージ 48 を形成した状態を示している。図 3E は、図 3B の左側イメージ 48 a を $+90^\circ$ 回転したときのイメージと、図 3B の右側イメージ 48 b を -90° 回転したときのイメージとを干渉計的に再結合したイメージ 48 を形成した状態を示している。アライメントマークが、 180° 対称であるので、再結合されたイメージは、アライメントセンサの軸が正確に対称性のアライメントマークセンタ上にある場合、破壊的または非破壊的に干渉する。このことにより、アライメントマークのセンタの正確な検出、従って位置定めが行われる。留意すべきは、アライメントマークのイメージの光学的操作は、複数の異なる等価的な手法で実施し得るということである。ここで重要なのは、アライメントマークの第 1 イメージとこの第 1 イメージに対して 180° 回転されたアライメントマークの第 2 イメージの形成の最終結果である。例えば、2 つのイメージを形成する場合に、2 つのイメージを逆方向に 90° 回転させて、相互に 180° 回転された所望の 2 つのイメージを形成することもできる。

【0026】

図 4A ~ B は、スキャニングフォトリソグラフィシステムの一部であるスキャニングセンサ、またはウエーハへの本発明の適用例を示している。図 4A では、コヒーレント照明部 112 は、垂直ライン 136 とスペース 137 とから成る、1 つのアライメントターゲット 118 をスキャニングする。矢印 124 は、スキャンの相対的方向を示している。一般的には、照明部 112 は、静止状態におかれ、アライメントターゲット 118 が、それに対して相対的に動く。図 4B は、時間の関数としてのエネルギーを示すグラフである。カーブ 150 は、本発明のスキャニングアライメントシステムにより得られる信号を表している。信号 150 は、エンベロープ関数 152 に含まれている。ポイント 154 は、エンベロープ関数 152 の最大エネルギーまたは高さを表している。この最大高さまたは、ポイント 154 は、マークセンタと、図 1 に示すセンサアライメント軸 27 との一致を表す時点 t_0 で生じる。

【0027】

図 5A ~ B は、本発明の実施例をさらに詳細に示している。アライメントセンサ 210 は、図示されていない放射源からのコヒーレント電磁放射をシングルモード偏波面保存形オプティカルファイバ 213A から受信する。シングルモード偏波面保存形オプティカルファイバ 213A は、有利には 635 及び 680 nm である電磁放射の 2 つの波長を伝送で

10

20

30

40

50

きる。他のシングルモード偏波面保存形オプティカルファイバ213Bは、有利には780, 830, 880nmである3つのより長い波長を伝送するのに使用することができる。ファイバオプティカルケーブル215Aおよび215Bはそれぞれ、オプティカルファイバ213Aおよび213Bの出力をコリメートして、無損失の波長依存ビームコンバイナキューブ217に入射させるために使用することもできる。しかし、2つのオプティカルファイバ213Aおよび213Bを、シングルオプティカルファイバと組合せ結合して、ビームコンバイナキューブ217の必要性を無くすることも可能である。波長は、S - 偏光、紙面（入射面）に対して垂直な直線偏光を含むべきである。ビームコンバイニングキューブ217に隣接してレンズ219が配されている。レンズ219は、照明瞳補正を行う。ライン221は、絞り223に隣接する被補正瞳平面の位置を表している。絞り223は、正方形であることが望ましいが、円形またはダイヤモンド形のような他の形状を有していてもよい。レンズ219, 225及び231が選択され、そして瞳平面221に沿って間隔を置いて空間配置されている。それにより、その上にアライメントターゲット218を有するサブストレート平面、またはウエーハ233において、公称的に一定の位相を持つ、そして一様に照明された絞り223のイメージを生じさせる。これらのイメージング条件は、センサが適正に機能するためには厳密に充足されなくてもよい。最もクリティカルな要件は、干渉計により規定されるアライメント軸の周りでの180°対称性の維持である。

【0028】

オプションな絞り227は、レンズ225の直径を制限し、それによりサブストレート照明のアーチャの数値を所定値に制限するため使用することができる。この数値は、ほぼ0.2であることが望ましい、

アクロマチックな偏光に基づくビームスプリッタキューブ214は、入射するS - 偏光照明光をサブストレート233へ反射するため使用され、そしてサブストレートからP - 偏光照明光を回転干渉計プリズム226へ透過させる。アクロマチック1/4波長板229が、ビームスプリッタキューブ214に隣接して設けられていて、入射する直線S - 偏光をウエーハマークまたはアライメントターゲット218を照明する右または左回り円偏光に変換する。必要的要件ではないが、アライメントターゲット218は、図2Aに示すようなチェッカーボード格子18Aの形態のものであると見なすのが好都合である。この格子は紙平面（入射面）に対して並行及び垂直な、水平及び垂直ラインを有している。こうして、このチェッカーボード格子は、紙平面に対して $\pm 45^\circ$ で配向される。最も望ましいアライメントマークスキャン方向は、水平または垂直ラインのいずれかに対して並行である。アクロマチックな1/4波長板229はまた、サブストレート散乱光の所望の部分を、非回折 - 零次オーダーの波を含めて、直線 - P偏光された光に変換する。この光はビームスプリッタキューブ214により透過される。回転干渉計226をレンズ231の軸の周りに 45° 回転させる代わりに、アクロマチック1/2波長板235をビームスプリッタキューブ214に隣接して配置してもよい。回転干渉計226は、アライメントターゲット218の2つのイメージを効率的に生じさせ、一方のイメージを他方のイメージに対して180°回転させ、干渉計的に再結合させるために結合された複数のプリズムである。干渉計226は、偏光依存形のものであってもよい。通常、回転干渉計226は、ほぼ $\pm 5 \text{ mrad}$ の回転誤差を持っている。一般に、2つのアーム間の光路長差は、2波長より小さくされるべきである。通常S - 偏光とP - 偏光反射間の位相差は、 $\pm 10^\circ$ より小であるべきである。アライメント軸は、干渉計226のセンタラインの光線226Aおよび226Bならびにセンサ光学系を通して伝搬するときのこの光線の延長線により規定される。光線226Cは、ウエーハターゲット218へ延長されたアライメント軸である。回転干渉計226に隣接して、クロマチック波長板アセンブリ237が設けられている。クロマチック波長板アセンブリ237は、回転干渉計226内の2つの光路間のあらゆる小さな位相エラー、または光路差を補償するよう設計され、調節されている。波長板アセンブリ237は、干渉計の入口、または出口に設けることができる。破線239は、アライメントシステム210を2つのグループに分ける1つの平面を表している。この

10

20

30

40

50

平面の手前で、ちょうど直ぐ上に述べたコンポーネントは、光学的位置信号を発生する。上記平面を越えた側のコンポーネントは、信号及び第1次オーダ強度を分離する。

【0029】

平面239に隣接して位置しているのは、2つのレンズ241および245を有するリレーである。それらのレンズは、同時にウエーハ平面233を平面243にイメージングし、瞳平面221を平面244、255上にイメージングするよう選択され、間隔をおかれて空間配置されている。瞳平面221の中間イメージがあり、この中間イメージは、通常、平面230と平面236または239との間に位置する。ウエーハ平面照明スポットのイメージの公称サイズであるクリアな領域を有するオプショナルな絞りを、不所望の迷光をブロックするため平面243内に設けることができる。更に、不所望の迷光を排除するため、非回折光をブロックするため、または回折光の所望の部分を選択するため、オプショナルな絞りを平面244内に設けることができる。レンズ245に隣接して、ビームスプリッタキューブ247Aおよび247Bが設けられている。ビームスプリッタキューブ247Aおよび247Bは、大部分を透過させる偏光依存形であり、ローカルなP-偏光のすべてを透過させるが、S-偏光のほぼ5~10%を反射し、残りを透過させるものである。ビームスプリッタキューブ247Aおよび247Bは、干渉計226に対して配向され、一方のものは、他方のものに関して90°回転されている。その結果、透過された最終光は、ビームスプリッタ247Aに入射する光と同じ偏光状態を有する。出力光228Aは、もっぱら干渉計226内の1つの光路から到来し、出力光228Bは、もっぱら干渉計226内の他の光路へ到来する。ビームスプリッタキューブ247Bに続いて、アクロマチックな1/2波長板249が設けられており、この1/2波長板は、透過された偏光を45°回転するよう配向されている。1/2波長板249に続いて、アクロマチックな偏光依存のビームスプリッタキューブ251Aが設けられている。あるいは代替的に、ビームスプリッタ251A及び後続のコンポーネントが、アライメント軸226Bの周りに±45°回転される場合、1/2波長板249を省くことができる。ビームスプリッタキューブ251Aは、偏光依存の回転干渉計226に対するアナライザとして用いられ、2つの相補的なアライメント信号を生成する。一方の出力は、2つのイメージフィールドの和に比例する。他方の出力は、2つのイメージフィールド間の差に比例する。ビームスプリッタキューブ251Aは、光路228Cに沿って、上方に向かってS-偏光照明光を反射し、P-偏光を透過させる。適当な光学的トレランス及び波長板配向を用いて、ウエーハまたはサブストレート零次オーダはS-偏光され、そしてそれゆえビームスプリッタキューブ251Aから、透過される信号に対して相補的なアライメント位置信号対と共に射出される。検出器アセンブリ228は、平面228を越えたところに位置付けられている。検出器アセンブリ228は、アクロマチックな偏光依存のビームスプリッタキューブ251Bを有している。ビームスプリッタキューブ251Bは、1/4波長板253及びミラー付絞り255と関連して使用される。ビームスプリッタキューブ251Bは、入射P-偏光を1/4波長板253を通して透過する。ミラー絞り255は、平面244のイメージ内に位置付けられており、次のような透明クリアな領域を有するミラーである。すなわち、紙平面に対して、+45°配向されたアライメントマーク格子に対しては回折光を透過し、紙平面に対して、-45°配向されたアライメントマーク格子に対しては回折光を反射する。通常、透過された、および反射された回折光は、両者共、各々の格子の配向に関連する第1次オーダ回折光である。もっとも、それらの次数の回折光のうちの1つのみが、必要とされる。次数オーダ回折光の対である一方の信号は、ミラー絞り255を通して透過される。次数オーダ回折光の対である他方の信号は、ミラー絞り255から反射され、再び1/4波長板253を通して戻り、その結果、S-偏光された光に変換され、ビームスプリッタ251Bにより、上方に向かって反射される。集光レンズ257A及び257Bは、アライメント位置信号光を集光し、通常、集光絞り259A、及び259Bそれぞれにおいて、アライメントマーク218の第3イメージを形成する。その信号は、各々マルチモードオプティカルファイバ261Aおよび261Bにより伝送される。光検出器が、出力側263A及び263Bに位置付けられており、基本的なアライメン

10

20

30

40

50

ト位置信号を供給する。平面 2 2 8 に後続する光学系及び検出器は、相補的信号を供給するよう 2 2 8 C にて 2 重化されてもよい。相補的信号対ペアのうちのいずれか、または双方を使用できる。このためには 2 つ、または 4 つの光検出器が必要とされる。

【 0 0 3 0 】

平面 2 2 8 に後続する光学系及び検出器は、ビームスプリッタ 2 5 1 A をソリッドガラスキューブで置換して 2 重化されることができ、ここでは 2 2 8 A 及び 2 2 8 B の双方で 2 つの出力チャネルを作成する。各チャネル中において、ミラー絞り 2 5 5 が変形されたミラー絞りで置換され、この変形されたミラー絞りは、2 つの一次オーダ入射波のうちの 1 つを選択し、一方を透過させ、他方を反射する。このためには、4 つの光検出器を必要とする。それらの 4 つの信号は、アライメントマークについての情報を与え、ことにマーク対称性についての情報を与える。ビームスプリッタ 2 4 7 A および 2 4 7 B にこれらの光学系および信号を含ませること、およびビームスプリッタ 2 4 7 A および 2 4 7 B におけるその使用は、オプションである。留意すべきことには、2 3 5 , 2 4 9 を含む波長板及び他のものの使用は、オプションであり、偏光ビームスプリッタ及び偏光感知コンポーネントの相対的配向に依存している。

【 0 0 3 1 】

いくつかの異なった照明波長がマーク 2 1 8 を照射する場合、各波長からの信号を、マークの後の、任意の点で分離することができる。特に有用な波長分離領域は、出力側 2 6 3 A 及び 2 6 3 B に位置付けられた光検出器の直前のマルチモードファイバ 2 6 1 A 及び 2 6 1 B である。その際、波長ごとに、光検出器の 1 つの付加セットを設けるとよい。

【 0 0 3 2 】

図 5 A に示す実施例は 8 つの出力側を有し、そのうち 4 つの出力側は一次オーダ波を逆方向干渉させることにより生成されるアライメント位置信号の 2 つの相補対を有し、4 つの出力側は 4 つの一次オーダの回折波振幅を有しているが、すべての出力が必要とされるという訳ではない。実際に必要とされるのは 2 つの出力側だけであると推定される。

【 0 0 3 3 】

図 5 B は、図 5 A 中の線 5 B - 5 B に沿って、切断して示す横断面図である。電磁放射は、2 3 1 から干渉計 2 2 6 に入射する。電磁放射は、波長板 2 3 7 及びリレーレンズ 2 4 1 を通って回転干渉計 2 2 6 から出射する。

【 0 0 3 4 】

図 6 A ~ C は、図 5 A および 5 B に示す回転干渉計 2 2 6 の様々な図を表している。回転干渉計 2 2 6 のプリズム構成は、マッハツェンダー型式のものである。この干渉計は、ビームスプリッタ表面 BS_6 で合わされた 2 つのプリズムから構成されることができる。光学的光路パス $in_6 - a_6 - b_6 - c_6 - d_6 - e_6 - out_6$ 及び、パス $in_6 - a_6 - b_6 - c_6 - d_6 - e_6 - out_6$ は、干渉計アライメント軸を定める。各文字のドットは、反射点、または、アライメント軸センタラインと、ビームスプリッタ BS との交差点を表している。近似的に、エネルギーの半分が、各光路をたどる。 $b_6 - c_6 - d_6$ 及び $b_6 - c_6 - d_6$ における反射は、図平面外への所属の光線の反射経路を示している。光線出力 $e_6 - out_6$ に沿って考察すると、それらの図平面外への反射により、光線に対して垂直方向のイメージ平面が回転される。 b_6 及び d_6 における反射に関連する 2 つのミラーの配向が、 b_6 及び d_6 における反射に関連する 2 つのミラーの配向に対して反転されるので、2 つの光路に関連するイメージが逆方向に回転される。ミラー角度は、相対的イメージ回転が 180° であるように選択される。望ましいミラー角度のセットは、独特のものではない。対称ミラー角度のセットは、特に有用である。この角度のセットは、独特のものである。この角度のセットは、図 7 A ~ D に示されている。ビームスプリッタ及びミラーコーティングは、2 つの回転されたイメージ間で破壊的及び非破壊的な適当な干渉を維持するように、2 つの干渉計光路間の相対的な位相シフトを制御するよう設計されなければならない。1 つの有用なコーティング手段は、次のようなものである。 b_6 、 d_6 、 b_6 及び d_6 において、反射する 4 つのミラー上に同一の反射性コーティングを使用すること。 c_6 及び c_6 において反射する 2 つのミラー

上における S - 偏光と P - 偏光状態との間で無視可能な位相シフトを持つような金属性コーティングを使用すること。ビームスプリッタ表面 B S₆ に関して対称性コーティングを使用すること。

【 0 0 3 5 】

この干渉計は、特に有用である、それというのは、わずかな製造エラーがあったとしても、光が入力方向に戻ることはあり得ないからである。

【 0 0 3 6 】

図 7 A ~ D は、回転干渉計 3 2 6 の他の型式または実施例の種々の図を示している。回転形干渉計 3 2 6 は、サニャックリングタイプ (sagnac ring type) の干渉計構成を有している。この干渉計は、図示されている 3 つのプリズムから都合よく構成されることができる。このプリズムは、ビームスプリッタ表面 B S₇ 及び、H W 1 及び H W 2 により規定される表面にて合わされる。光学的光路パス $in_7 - a_7 - b_7 - c_7 - d_7 - e_7 - a_7 - out_7$ 、及びパス $in_7 - a_7 - e_7 - d_7 - c_7 - b_7 - a_7 - out_7$ からのオーバーラップ領域 $a_7 - out_7$ の一致により干渉計アライメント軸が規定される。各文字のドットは、反射点またはビームスプリッタ B S₇ の交差点を表している。近似的に、エネルギーの半分が、各光学的光路をたどる。 $b_7 - c_7 - d_7$ における反射は、図平面外への関連する光線の反射を表している。出力光線 $a_7 - out_7$ に沿っての光路を検討する。それらの図平面外への反射により、光線に対して垂直なイメージ平面が回転される。図平面外の反射ミラーにおける反射の反転された順序によって、時計回りの経路 $b_7 - c_7 - d_7$ 及び反時計回りの経路 $d_7 - c_7 - b_7$ に基づき、2 つの経路に関連するイメージが逆方向に回転される。ミラー角度は、相対的イメージ回転が 180° であるように選択される。望まれるミラー角度のセットは、独特ではない。図示されている対称ミラー角度のセットは、特に有用である。これは独特である。図 7 D に示す従来のカーテシアン単位ベクトルに関しては、点 b_7 において反射するミラーに対する基準単位ベクトルは次の通りである。

【 0 0 3 7 】

【 数 1 】

$$\frac{1}{2}\hat{i} - \frac{1}{2}\hat{j} - \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{k}$$

【 0 0 3 8 】

点 d_7 において反射するミラーに対する基準単位ベクトルは次の通りである。

【 0 0 3 9 】

【 数 2 】

$$-\frac{1}{2}\hat{i} + \frac{1}{2}\hat{j} - \frac{1}{\sqrt{2}}\hat{k}$$

【 0 0 4 0 】

図 6 A ~ C における対応のミラーは類似の配向を有する。ビームスプリッタは、S 偏光を反射し、P 偏光を透過させるような偏光依存形のものであると有利である。関連する照射光は、公称上等しい S - 偏光エネルギー及び P - 偏光エネルギーを有するコヒーレント光であるとよい。そのような等しいエネルギー制約条件のもとで、干渉計は、任意の指定された楕円偏光状態を受容するように設計することができる。入射する偏光光を、±90° 回転するよう配向された位置 H W 1 または H W 2 において 1 / 2 波長板を挿入すると有利である。上記の望ましい構成に関しては、エネルギーのすべてが、干渉計の出力面から離脱し、入力面へ戻る光は無い。時計回り及び反時計回り光路パスに関連する S - 偏光及び P - 偏光に対する適正な位相関係を確保して、2 つのイメージの望ましい破壊的及び非破壊的干渉

を行わせるように、コーティングが設計されなければならない。コーティングの設計のほかに、さらに、入力側または、出力側にて干渉計に対して外部的に偏光感受性波長板及びコーティングを使用して適正な位相関係を設定することができる。図5Aにおいて237で示す偏光補償器は、外部補償の1例である。

【0041】

上記干渉計は、好ましいものである。それというのは、その干渉計は、コンパクトで、特にわずかな製造エラー誤差に対してフォールトレラントであり、コーティングを考慮すれば、2つのイメージに対して内在的に等しい経路パスを有するからである。

【0042】

干渉計226及び326は、2つのイメージのうちの一方を、他方のイメージに対して180°回転させるためのものと理解されるのが最良である。

【0043】

図8A～Cは、回転形干渉計の他の実施例を示している。回転形干渉計426は、他のマッハツェンダー形の干渉計である。この干渉計は、2つのビームスプリッタキューブBS1およびBS2と、2つの直角プリズムRP1およびPR2、ならびに2つのペンタプリズムPP1およびPP2とからなる。光は、inから入射し、out1及びout2の双方ないし、いずれかから出射する。このことは、ミラー及びビームスプリッタコーティング並びに付加される内部波長板の選定に依存する。

【0044】

1つのビームスプリッタキューブ及び2つのポロ(porro)プリズムから別の実施形態を構成することが可能である。ポロプリズムは、ビームスプリッタキューブ表面に隣接して、ビームスプリッタの2つの面上に設けることができる。ポロプリズムは、その頂点が相互に90°をなすように配向される。偏光依存-及び非偏光依存構成を、コーティング及び付加される波長板の適当な選定により設計できる。これは、マイケルソン型の干渉計である。

【0045】

干渉計426及びポロプリズムをベースとする干渉計は、次のようにして望ましい180°イメージ回転を行わせるものと理解されることができる。すなわち、2つのイメージのうちの1つをX軸による折り返しを行い、それに引き続いて、Y軸による折り返しを行うことにより、所望の180°イメージ回転を行わせると理解できる。このような2重の折り返しの変換は、数学的には一方のイメージを、他方のイメージに対して180°回転させることと同等である。

【0046】

対称の中心の周りに折り返されたイメージから、先行のイメージに関連づけて、1軸アライメントセンサを形成することが可能であることは留意すべきである。

【0047】

それらの回転干渉計の226, 326および426の実施形態のすべてが、アライメントマークの2つのイメージを形成し、一方のイメージを他方のイメージに対して相対的に180°回転させ、それら2つのイメージを干渉計的に再結合して、アライメントマークのセンタを求めるものである。比較的に効率的ではないが、それらの干渉計及びアライメントセンサは、非偏光依存形ビームスプリッタで動作できる。

【0048】

図9は、本発明の方法ステップまたは動作を説明するブロックダイアグラムである。ボックス510は、180°対称アライメントマークの、2つのイメージを形成するステップ、または動作を示している。ボックス512は、2つのイメージのうちの一方を、その他方に対して回転させるステップまたは動作を示している。ボックス514は、2つのイメージを、干渉計にて再結合するステップ、または動作を示している。ボックス516は、再結合されたイメージを表す信号を検出するステップまたは動作を示している。ボックス518は、検出された信号に基づいてアライメントマークのセンタを求めるステップまたは動作を示している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

図 1 ~ 図 9 を参照すると、本発明の動作は、容易に理解されるべきものである。本発明のアライメントセンサは、 180° 対称性を有する任意のマークの、対称の中心センタを自己基準としている。通常、直線的格子及びチェッカーボード格子のような、1次元または2次元のアライメントマークが有利である。アライメントセンサは、一般的な干渉計方式により機能して、正弦波状のアライメント信号を生成する。センサは、コヒーレント照射を受けるアライメントマークを2つのイメージにコヒーレント的に分割する。イメージのうち的一方が、その他方に対して 180° 回転される。それらのイメージは、コヒーレント的に再結合され、アライメントされ、その結果、2つの別個のイメージパスは、実質的に厳密に等しい。再結合されたイメージは、アライメントセンサ軸がアライメントマーク対称性の中心におかれた場合に、干渉計構成に依存して、破壊的または非破壊的に、振幅または偏光状態において干渉する。振幅または偏光状態の干渉により、2つの相補的イメージが形成され、そのうち的一方は、非破壊的干渉を発生し、明るさのあるものであり、そのうち他方は、破壊的干渉を発生し、暗い、または黒いものである。本発明は、アライメントマークに光波または、電磁放射を照射するもので、その光波または電磁放射は、アライメントセンサ軸に関して、同じ 180° 対称性をもって、空間的にコヒーレントである。特に有用な照射光は、センサ軸に対して垂直な波面及び、センタリングされた円形の強度プロファイルを有する空間的にコヒーレントなコリメートされた光である。代替的に、わずかなデフォーカスまたは半径方向波面のずれ収差を有する任意の波面を使用してもよい。アプリケーションに依存して、大きさ、拡がりの点でアライメントマークより大、または小の、アポダイゼーションの施された円形、矩形または正方形の強度分布が有用である。最小の要件は、前述の 180° の空間コヒーレンス照射光である。こうして、光の大半を失うことなく、拡張された、または、空間的にコヒーレントな源から照射光を発生できる。照射源は、連続的な範囲、または幾つかの離散的な波長を含むことができる。通常、光は、パターン対称性に関し対称である状態で偏光されるべきものである。アライメントマークとして、パラレルラインまたはチェッカーボードの有利な使用のためには、左回り、または右回りの偏光光を使用することができるが、他の偏光状態も使用可能である。アライメントセンサのイメージ品質は、適正なローカル干渉によって、各イメージに対して対称性が保存されている限り、クリティカルでない。薄膜偏光ビームスプリッタを使用してもよい。しかし、そのビームスプリッタは、2つの相補イメージを生成するのに1つの偏光アナライザを必要とする。損失性ビームスプリッタも使用することができる。2つのイメージに分割し、回転し、2つのイメージを再結合させるための回転干渉計を提供するのに、ソリッドガラスブリズム干渉計アセンブリの形態のビームスプリッタ及び反射のシーケンスが使用されることが望ましい。薄膜偏光ビームスプリッタを置換する、異なる回折格子を使用する類似の構成もまた可能である。必須ではないが、性能を向上させるため、イメージを空間的にフィルタリングすると有利である。一般に、アライメントマークにより空間的に変調された光である回折光を保持し、そして非変調状態の零次オーダ及びランダムに散乱された光の両方を排除することが有用である。更に、比較的高い回折次数オーダを周期的マークから排除することも有利である。イメージを、回転ステップの前、または後のいずれかで、空間的にフィルタリングすることができる。照射部が、多くのマーク周期を照射している際に、1つの周期マークを照射しないことが起こったとしても、センサ軸がマーク対称のセンタに位置し、照射部がマークを完全にスキャンするときはいつでも、再結合されたイメージは最大の非破壊的または破壊的干渉を発生する。こうして、一次元の周期的マークパターンが、パターン特徴エッジに対して垂直な方向において一定の速度で、アライメントセンサ軸のところを通過移動する場合、アライメントデータが集められる。これはスキャニングリソグラフィシステムと同様である。相補イメージの各々における総合エネルギーは、周期的に変化する。特に望ましいアライメントマークは、等しい間隔スペースをおかれたラインと、スペースの形態のバーから成る、一次元格子である。このようなマークイメージが、2つの第1次の回折次数のみを保持するよう空間的にフィルタリングされると、2つの相補イメージの、各々における総合エネルギー

10

20

30

40

50

は、マーク位置の関数としてシヌソイド状に変化し、それにより1つの有用なアライメント信号が送出される。1つのイメージにおける総合エネルギーは、 $1 + \cos(4\pi V(t - t_0)/P)$ の形で表現でき、 V は、パターンラインに対して垂直方向のウエーハステージ速度であり、 t は時間であり、 t_0 はセンタ軸が2つのアライメントマーク周期の対称の中心にくる際の時間であり、 P はマーク周期である。アライメントマークセンサ位置として、推定されるのは、時間 $t = t_0$ におけるマーク位置である。相補的イメージエネルギーは、 $1 - \cos(4\pi V(t - t_0)/P)$ の形で表される。全体信号は、そのリーディングエッジ及びトレイリングエッジに対して、値が増大、または、減少する緩慢に変化する対称エンベロープファクタ(envelope factor)を有し、それはアライメントマークが移動して、照射領域内に入り、ついで、照射領域外へ出るに従ってそれぞれ、生ずるものである。エンベロープファクタは、時間 $t = t_0$ を中心として対称的である。対称的アライメントマークに対して、アライメント信号及び、相補的アライメント信号は、同じアライメント情報を含んでいる。チェックボード格子のような2次元の周期的パターンは、次のようにすれば、同時にX位置及びY位置情報を生じさせることができる。即ち、再結合されたイメージが、空間的にフィルタリングされ、各イメージのエネルギーが、別個に集められるようにして、2つの1次元周期イメージに分割されるのである。このことにより、2つの、独立したアライメント信号が発生される。正弦波の周期的性質に含まれる位置的曖昧性を、適当なプリアライメント精密性の使用により除去できる。代替的に、下記手段のうちの1つまたは複数の使用により、そのことを行うこともできる。すなわち、エンベロープファクタを含めてアライメント信号全体のセンタを求めること、わずかに異なる周期の2つ以上の周期的アライメントマークの使用、孤立したフィーチャおよびラインまたは、可変ではあるが対称的にパターンづけされたチェッカーボードを含む非周期的パターンの使用。アライメント信号は、従来のイメージ形成に依存しないので、アライメントセンサは、比較的大きな焦点深度にわたり動作する。ほぼ 180° の相対的回転角度が好適であるが、他の角度も使用し得る。1つのイメージを、アライメント感受性方向に対して、垂直な軸を中心として折り返し、単一の軸アライメントセンサを構成してもよい。上記の折り返し変換操作を、第2の軸を中心として繰り返して、他方の軸に対するアライメント情報を形成することもできる。要求された干渉計のイメージ操作を、種々の光学的コンポーネントと組合せて、複数の手法で実施することができる。有利には、回転干渉計の要求された干渉計イメージ操作は、ソリッドガラス干渉計プリズムコンフィギュレーションから構成され、そのコンフィギュレーションは、無損失の振幅または、偏光感受性のあるビームスプリッタの対称的使用及び平坦ミラー面外への対称的な面外反射(out of plane reflection)を含むものである。

【0050】

図6A～C，図7A～D，図8A～Cは、3つの干渉計的コンフィギュレーションを示しているが、他のコンフィギュレーションも可能である。図6A～Cおよび図7A～Cに示す設計は、全体的に反射するプリズムの形態の、特に有用な3つのミラー幾何学的特性形状を含んでいる。センタベースミラーの周りに、対称的に配置された2つのミラー表面がある。1つの側でアセンブリ内に入射した1つのイメージが、反時計方向に回転された第2の側から、即ち、 $+90^\circ$ 回転された第2の側から出射する。第2の側でアセンブリ内に入射する1つのイメージが、時計方向に回転された第1の側から、即ち、 -90° 回転された第1の側から出射する。その結果、2つのイメージは、相互に、所望の 180° だけ回転される。イメージ回転は、3次元座標系回転と解釈することができる。イメージ操作及び干渉計技術は、次のような他の等価な光学素子の組合せにより構成することができる。即ち、コーナキューブ及び 90° 屋根形プリズムのような折り返し式ミラージオメトリからの反射を含めて、格子、コスタの(Koster's)プリズム、損失性ビームスプリッタ、球状及びシリンダ状双方のレンズのような、組合せから構成されることができる。実際上の具体的な実施形態は、通常の間隙のある(air spaced)フラットミラーに替わる、剥き出しの、またはコーティングされた表面を持つ、内部反射する、プリズムの形態の、折り返し式ミラーシステムを有するソリッドガラスのマイケルソン干渉計をベースとするコ

ンフィギュレーションの使用である。他の２つのオプションは、１つのコーナキューブアセンブリ及び１つのフラットミラーか、または、その頂点が、直角に配向された２つの、 90° の屋根形プリズムである。しかしながら、そのようなアセンブリは、製造上の困難を有している上に、アライメントマークに向かって、いくらかの光を戻すことがある。上述の、マイケルソン型干渉計のバリエーションが、星の光のコヒーレンスを測定するため、フーリエ変換干渉計において使用されている。本発明は、マスクパターンとシリアルイメージの位置センシング、並びに、非リソグラフィック用途に適用可能である。

【 0 0 5 1 】

従って、本発明はアライメントを大いに容易化し、そして半導体デバイスの製造におけるリソグラフィック動作において使用されるアライメントに特に適用可能である。本発明のアライメントセンサは、多数の異なったアライメントマークパターンを利用可能にし、そしてアライメントマークの対称のセンタを自己基準としているものである。その結果、本発明が添付図面に描かれ、そして説明されたとは言っても、熟達した当業者にとっては、本発明の精神と範囲から逸脱することなく種々の変更が可能であることは明らかであろう。

【 0 0 5 2 】

【発明の効果】

本発明により、半導体デバイスの製造に使用されるリソグラフィシステムにおいて、改善されたアライメントセンサないしアライメントセンサシステム等のアライメント技術を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のアライメントセンサの概略図である。

【図 2】図 2 A ~ E は 180° 対称性を有する種々異なるアライメントマークの平面図である。

【図 3】図 3 A ~ E はイメージの分割、回転および再結合を示す平面図である。

【図 4 A】アライメントマークのスキャニングを示す平面図である。

【図 4 B】アライメント信号と、そしてアライメントマークのセンタの識別の様子を示すグラフの波形図である。

【図 5 A】本発明の１つの実施例の概念図である。

【図 5 B】図 5 A 中の切断線 5 B - 5 B に沿って切断した状態を示す横断面図である。

【図 6 A】本発明の１つの実施例において使用されるプリズムの側面図である。

【図 6 B】図 6 A に示すプリズムの上面図である。

【図 6 C】図 6 A に示すプリズムの底面図である。

【図 7 A】本発明の第 2 の実施例に使用されるプリズムの側面図である。

【図 7 B】図 7 A に示すプリズムの上面図である。

【図 7 C】図 7 A に示すプリズムの底面図である。

【図 7 D】座標系を示す図である。

【図 8 A】本発明の第 3 の実施例において使用されるプリズムの側面図である。

【図 8 B】図 8 A に示すプリズムの上面図である。

【図 8 C】図 8 A に示すプリズムの底面図である。

【図 9】本発明の方法のステップを示すフロー図である。

【符号の説明】

1 0 アライメントセンサ

1 2 コヒーレント照明源

1 3 電磁放射

1 4 ビームスプリッタ

1 6 コーティング

1 8 アライメントマーク、アライメントターゲット

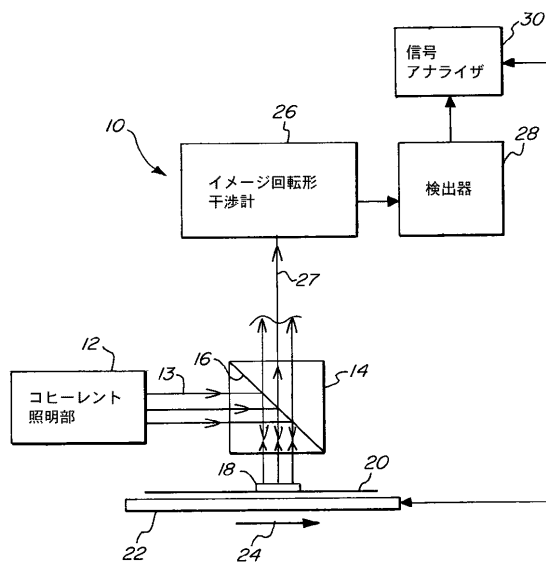
1 8 A アライメントマーク

1 8 B アライメントマーク

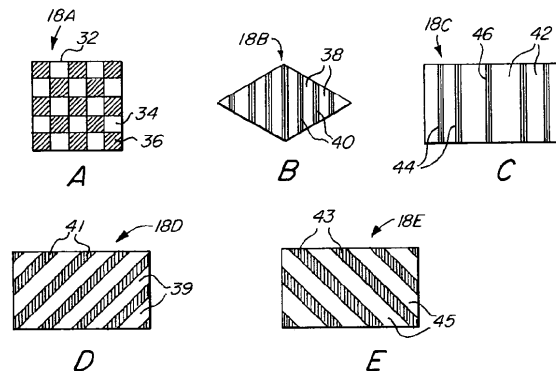
2 0	感光性サブストレートまたはウエーハ	
2 2	ステージ	
2 4	矢印	
2 6	干渉計	
2 7	センサアライメント軸	
2 8	検出器	
3 0	信号アナライザ	
3 2	エッジまたはライン	
3 4	正方形	
3 6	正方形	10
3 8	スペース	
3 9	スペース	
4 0	ライン	
4 1	ランド	
4 2	スペース	
4 3	ランド	
4 4	ライン	
4 5	スペース	
4 8	イメージ	
1 1 2	照明光	20
1 1 8	アライメントターゲット	
1 2 4	矢印	
1 5 0	信号	
1 5 2	エンベロープ関数	
1 5 4	最大高さまたはポイント	
2 1 0	アライメントセンサ	
2 1 3 A	光ファイバ	
2 1 3 B	光ファイバ	
2 1 4	ビームスプリッタキューブ	
2 1 5	レンズ	30
2 1 7	波長依存ビームコンバイナキューブ	
2 1 8	アライメントターゲット	
2 1 9	レンズ	
2 2 1	瞳平面	
2 2 3	絞り	
2 2 5	レンズ	
2 2 6	回転干渉計	
2 2 6 A	センタライン光線	
2 2 6 B	センタライン光線	
2 2 7	光学絞り	40
2 2 8	検出器アセンブリ	
2 2 8 A	出力光	
2 2 9	アクロマチック 1 / 4 波長板	
2 3 0	平面	
2 3 1	レンズ	
2 3 3	サブストレート平面またはウエーハ、イメージウエーハ平面	
2 3 5	1 / 2 波長板	
2 3 6	平面	
2 3 7	クロマチック波長板アセンブリ	
2 3 9	平面	50

- 2 4 1 レンズ
- 2 4 3 平面
- 2 4 4 平面
- 2 4 5 レンズ
- 2 4 7 A ビームスプリッタキューブ
- 2 4 7 B ビームスプリッタキューブ
- 2 4 9 波長板
- 2 5 1 A ビームスプリッタ
- 2 5 1 B ビームスプリッタ
- 2 5 5 ミラー絞り
- 2 5 9 A 集光体コレクタキューブ
- 2 5 9 B 集光体コレクタキューブ
- 2 6 1 A 光ファイバ
- 2 6 1 B 光ファイバ
- 2 6 3 A 出力側
- 2 6 3 B 出力側
- 3 2 6 回転干渉計
- 4 2 6 回転干渉計

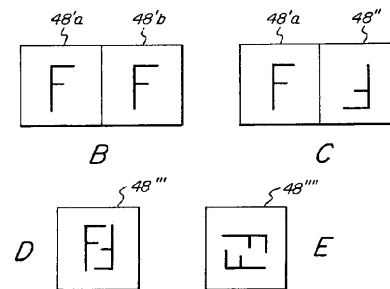
【図 1】



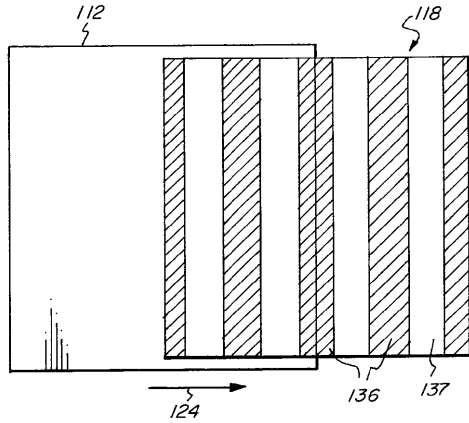
【図 2】



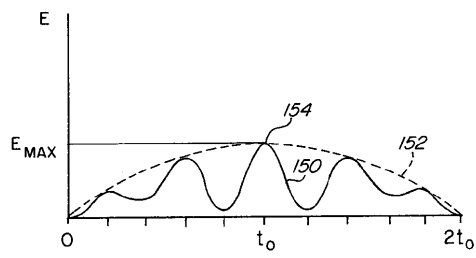
【図 3】



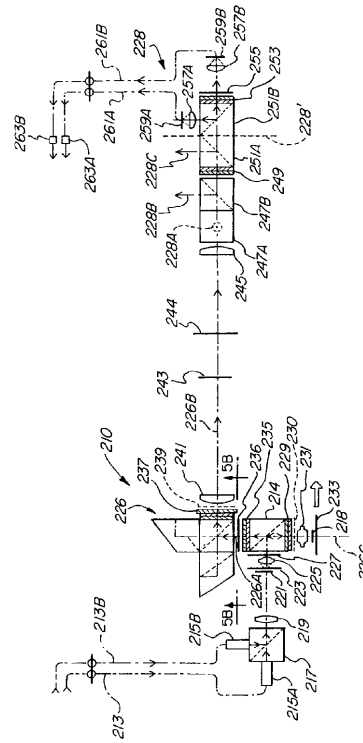
【図 4 A】



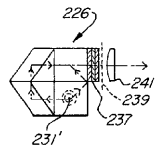
【図 4 B】



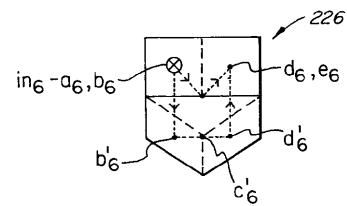
【図 5 A】



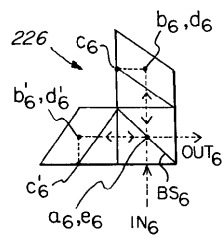
【図 5 B】



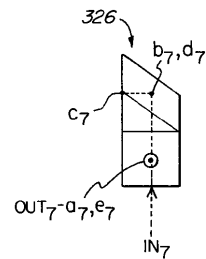
【図 6 C】



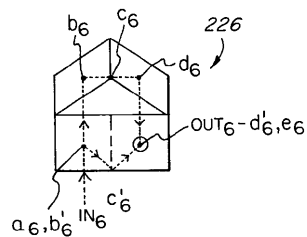
【図 6 A】



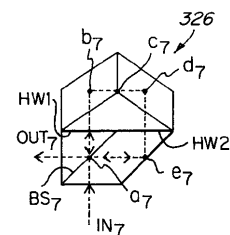
【図 7 A】



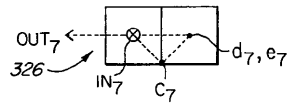
【図 6 B】



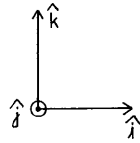
【図 7 B】



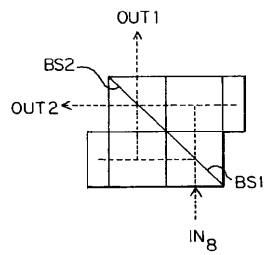
【図 7 C】



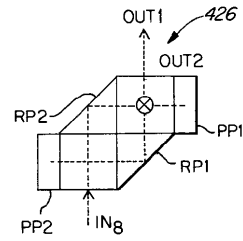
【図 7 D】



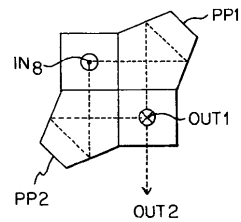
【図 8 A】



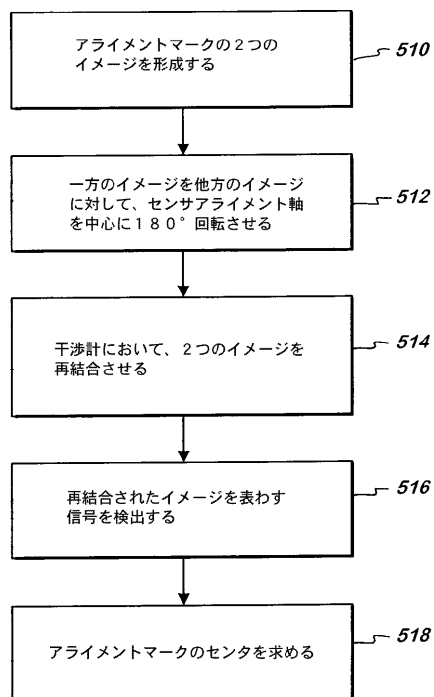
【図 8 B】



【図 8 C】



【図 9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

G 0 1 B 11/00 G

G 0 3 F 7/20 5 2 1

審査官 岩本 勉

(56)参考文献 特開平 0 7 - 2 3 4 1 0 7 (J P , A)
特開平 1 0 - 1 6 2 1 4 5 (J P , A)
特開 2 0 0 0 - 0 7 7 3 2 3 (J P , A)
特開平 0 3 - 1 1 9 5 2 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/027

G03F 9/00