

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5559114号
(P5559114)

(45) 発行日 平成26年7月23日(2014.7.23)

(24) 登録日 平成26年6月13日(2014.6.13)

(51) Int.Cl.

H01L 21/027 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

F 1

H01L 21/30 525R
G03F 7/20 521

請求項の数 4 外国語出願 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-196769 (P2011-196769)
 (22) 出願日 平成23年9月9日 (2011.9.9)
 (65) 公開番号 特開2012-60131 (P2012-60131A)
 (43) 公開日 平成24年3月22日 (2012.3.22)
 審査請求日 平成23年11月10日 (2011.11.10)
 (31) 優先権主張番号 61/382,147
 (32) 優先日 平成22年9月13日 (2010.9.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(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 100105924
 弁理士 森下 賢樹
 (72) 発明者 フランシスクス ゴデフリドゥス キャス
 パー ピュネン
 オランダ国 フアルケンスヴァールト 5
 551 ティーエー ドメルストラート
 35
 (72) 発明者 デイヴィッド デッカース
 ベルギー国 スヒルデ 2970 フル
 イエンペルグドレーフ 18
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】アライメント測定システム、リソグラフィ装置、およびリソグラフィ装置においてアライメントを決定する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムであって、

対象に向けて複数の波長の光を含む測定ビームパルスを提供する照明源と、
 対象で反射した後の測定ビームパルスの異なる偏光成分間の差を検出する検出器システムと、

検出器システムによって検出された差に基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備え、

前記検出器システムは、検出器および分散ファイバを含み、前記測定ビームパルスの異なる波長成分が前記分散ファイバのなかで分光されて前記検出器に異なる時刻に到達するよう、前記分散ファイバは前記測定ビームパルスの少なくとも一部を前記検出器へ案内するよう構成され、

前記処理ユニットは、前記測定ビームパルスの異なる波長についての強度変動応答を得るために、最初の測定ビームパルス後の適切な時間を選択することにより、前記検出器によって受信された測定強度と各波長とを対応付ける、アライメント測定システム。

【請求項 2】

照明源は偏光した測定ビームパルスを提供するよう構成される、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

10

20

放射ビームを調整するよう構成された照明システムと、
放射ビームの断面にパターンを付与することでパターン付与された放射ビームを形成可能なパターニングデバイスを支持するよう構成されたサポートと、

基板を保持するよう構成された基板テーブルと、
パターン付与された放射ビームを基板のターゲット部分に投影するよう構成された投影システムと、を備え、

本リソグラフィ装置は請求項 1 または 2 に記載のアライメント測定システムを備える、リソグラフィ装置。

【請求項 4】

リソグラフィ装置において基板のアライメントを決定する方法であって、
照明源によって、基板上のアライメントターゲットを複数の波長の光を含む測定ビームパルスで照明することと、

検出器システムによって、対象で反射した後の測定ビームパルスの異なる偏光成分間の差を検出することと、

処理ユニットによって、検出器システムが検出した差に基づいて、基板のアライメントを決定することと、を含み、

前記検出器システムは、検出器および分散ファイバを含み、

前記検出器システムによる検出ステップは、前記測定ビームパルスの異なる波長成分が前記分散ファイバのなかで分光されて前記検出器に異なる時刻に到達するよう、前記分散ファイバを通じて前記測定ビームパルスの少なくとも一部を前記検出器へ案内することを含み、

前記処理ユニットによる決定ステップは、前記測定ビームパルスの異なる波長についての強度変動応答を得るために、最初の測定ビームパルス後の適切な時間を選択することにより、前記検出器によって受信された測定強度と各波長とを対応付けることを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、アライメント測定システム、リソグラフィ装置、およびリソグラフィ装置において基板のアライメントを決定する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、基板に、通常は基板のターゲット部分に所望のパターンを付与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば集積回路（IC）の製造に用いることができる。この場合、マスク、レチクルとも呼ばれるパターニングデバイスを用いて、ICの個々の層に形成すべき回路パターンを生成できる。このパターンは、基板（例えばシリコンウエハ）上のターゲット部分（例えば、一つまたは複数のダイの部分からなる）に転写され得る。パターンの転写は、一般的には基板上に設けられた放射線感受性材料（レジスト）の層への結像によりなされる。一般に、単一の基板は、連続してパターン形成される隣接するターゲット部分のネットワークを有する。通常のリソグラフィ装置には、いわゆるステッパといわれるスキナとがある。ステッパでは、各ターゲット部分にパターンの全体を一度に露光することによって、各ターゲット部分が照射される。スキナでは、所与の方向（「走査」方向）に放射ビームを用いてパターンを走査する一方、この方向と平行にまたは逆平行に基板を同期させて走査することによって、各ターゲット部分が照射される。パターンを基板にインプリントすることにより、パターニングデバイスから基板にパターンを転写することも可能である。

【0003】

リソグラフィ装置においては、基板を投影システムおよびパターニングデバイスに適切に揃えることが重要である。実際、複数のパターンを互いに重ね合わせて投影することでの3次元的プロダクト構造を得ることがある。信頼性の高いプロダクト構造を得るために

10

20

30

40

50

、これらの複数のパターンを相互に適切に揃えるべきである。

【0004】

このオーバーレイについての要請は解像度が上がるほどより重要となってくる。

【0005】

基板の投影システムおよび／またはパターニングデバイスに対するアライメントを測定するために、いくつかの方法および測定ツールが利用可能である。

【0006】

既知のアライメントセンサは、異なる複数の波長を使用してもよい。各波長は特定の偏光方向を有してもよい。アライメントマークが小区分化されて極マークが生成されるときにこれらの偏光方向の利益が使用されてもよい。これらの極マークがアライメントマークのラインおよびスペースの異なる小区分化を使用することにより、ラインおよびスペースの間の光学コントラストを増大させてもよい。10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

現在、複数の色を組み合わせることでアライメントを改善することが使用され始めている。例えば、「スムーズカラーダイナミック (smooth-color dynamic)」アライメントトリセピを使用することによって、または「カラーツーカラー (color to color)」解析を行うことによって、アライメントが改善されうる。これらの手法は、マーク非対称性の影響を最小化することによって測定されたアライメント位置を改善することを目的としているが、単一の測定の信号対ノイズ比を改善することはできない。20

【0008】

浅いマークや大きなバックグラウンド信号を伴うマークのような場合、正確なアライメント結果を得るために、信号対ノイズ比を改善することが必要となりうる。そのような場合、単一の波長を有する測定ビームが好ましい。スタッカの残りの部分の反射性は波長依存であるからである。

【0009】

異なる光源によって異なる色を生成できる。複数の色を組み合わせることによって、アライメント信号に対するレーザノイズの影響を低減できるが、完全に除去することはできない。30

【0010】

対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムであってより良い信号対ノイズ比を提供しうるアライメント測定システムを提供することが望ましい。または、少なくとも代替的なアライメント測定システムを提供することが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明のある態様によると、対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムが提供される。このアライメント測定システムは、対象に向けて測定ビームを提供する照明源と、対象で反射した後の測定ビームを受ける検出器システムと、検出器システムが受けた測定ビームに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備え、本測定システムは、測定ビームを第1ビーム部分と第2ビーム部分とに分けるビーム分割デバイスと、第1ビーム部分および／または第2ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変える偏光デバイスと、を備える。結果として得られる第1ビーム部分の偏光角は結果として得られる第2ビーム部分の偏光角とは異なる。検出器システムは、第1ビーム部分を受ける第1検出器と第2ビーム部分を受ける第2検出器とを含む。処理ユニットは、偏光した第1ビーム部分と偏光した第2ビーム部分との比較を含む信号に基づいてアライメントを決定するよう構成される。40

【0012】

本発明のある態様によると、リソグラフィ装置が提供される。このリソグラフィ装置は、放射ビームを調整するよう構成された照明システムと、放射ビームの断面にパターンを50

付与することでパターン付与された放射ビームを形成可能なパターニングデバイスを支持するよう構成されたサポートと、基板を保持するよう構成された基板テーブルと、パターン付与された放射ビームを基板のターゲット部分に投影するよう構成された投影システムと、を備える。本リソグラフィ装置は対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムを備える。このアライメント測定システムは、対象に向けて測定ビームを提供する照明源と、対象で反射した後の測定ビームを受ける検出器システムと、検出器システムが受けた測定ビームに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備え、本測定システムは、測定ビームを第1ビーム部分と第2ビーム部分とに分けるビーム分割デバイスと、第1ビーム部分および／または第2ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変える偏光デバイスと、を備える。結果として得られる第1ビーム部分の偏光角は結果として得られる第2ビーム部分の偏光角とは異なる。検出器システムは、第1ビーム部分を受ける第1検出器と第2ビーム部分を受ける第2検出器とを含む。処理ユニットは、偏光した第1ビーム部分と偏光した第2ビーム部分との比較を含む信号に基づいてアライメントを決定するよう構成される。

【0013】

本発明の実施の形態によると、リソグラフィ装置において基板のアライメントを決定する方法が提供される。この方法は、照明源によって、基板上のアライメントターゲットを測定ビームで照明することと、検出器システムによって、対象で反射した後の測定ビームを受けることと、処理ユニットによって、検出器システムが受けた測定ビームに基づいて、アライメントを決定することと、を含み、本方法は、ビーム分割デバイスによって、測定ビームを第1ビーム部分と第2ビーム部分とに分けることと、第1および／または第2偏光デバイスによって、第1ビーム部分および／または第2ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変えることと、を含む。結果として得られる第1ビーム部分の偏光角は結果として得られる第2ビーム部分の偏光角とは異なり、アライメントを決定するステップは、第1ビーム部分に基づく第1測定信号と第2ビーム部分に基づく第2測定信号との比較に基づく。

【0014】

本発明のある態様によると、対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムが提供される。このアライメント測定システムは、複数の波長の光を含む測定ビームパルスを対象に向けて提供する照明源と、対象で反射した後の測定ビームパルスを受ける検出器システムと、検出器システムが受けた測定ビームパルスに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備える。検出器システムは第1検出器および分散ファイバを含む。前記測定ビームパルスの異なる波長成分が前記分散ファイバのなかで分光されて第1検出器に異なる時刻に到達するよう、分散ファイバは反射測定ビームパルスの少なくとも一部を第1検出器へ案内するよう構成される。

【0015】

本発明のある態様によると、リソグラフィ装置が提供される。このリソグラフィ装置は、放射ビームを調整するよう構成された照明システムと、放射ビームの断面にパターンを付与することでパターン付与された放射ビームを形成可能なパターニングデバイスを支持するよう構成されたサポートと、基板を保持するよう構成された基板テーブルと、パターン付与された放射ビームを基板のターゲット部分に投影するよう構成された投影システムと、を備える。本リソグラフィ装置は対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムを備える。アライメント測定システムは、複数の波長の光を含む測定ビームパルスを対象に向けて提供する照明源と、対象で反射した後の測定ビームパルスを受ける検出器システムと、検出器システムが受けた測定ビームパルスに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備える。検出器システムは第1検出器および分散ファイバを含む。前記測定ビームパルスの異なる波長成分が前記分散ファイバのなかで分光されて第1検出器に異なる時刻に到達するよう、分散ファイバは反射測定ビームパルスの少なくとも一部を第1検出器へ案内するよう構成される。

【0016】

10

20

30

40

50

本発明のある態様によると、リソグラフィ装置において基板のアライメントを決定する方法が提供される。この方法は、照明源によって、複数の波長の光を含む測定ビームパルスで基板上のアライメントターゲットを照明することと、検出器システムによって、対象で反射した後の測定ビームパルスを受けることと、処理ユニットによって、検出器システムが受けた測定ビームパルスに基づいてアライメントを決定することと、を含む。前記検出器システムによって前記測定ビームパルスを受けるステップは、前記測定ビームパルスの異なる波長成分が分散ファイバのなかで分光されて第1検出器に異なる時刻に到達するよう、前記分散ファイバを通じて測定ビームパルスの少なくとも一部を検出器システムの第1検出器へ案内することを含む。

【図面の簡単な説明】

10

【0017】

本発明の実施の形態は、例示のみを目的として添付の模式的な図面を参照して説明される。図面では、対応する参考番号は、対応する部分を示す。

【0018】

【図1】本発明の実施の形態に係るリソグラフィ装置を示す図である。

【図2】本発明に係るアライメントセンサシステムの模式的な側面図である。

【図3】基板の異なる複数の層の模式的な断面図である。

【図4】アライメントマークのNeffとデューティサイクルとの関係を示す図である。

【図5】本発明に係るアライメントセンサの代替的な実施の形態を模式的に示す図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

図1は、本発明の1つの実施の形態に係るリソグラフィ装置を模式的に示す。この装置は、放射ビームB（例えば、紫外線（UV）放射や他の適切な放射）を調整する照明システム（イルミネータ）ILと、パターニングデバイス（例えばマスク）MAを支持するよう構成され、第1位置決めデバイスPMに接続されたマスクサポート構造（例えばマスクテーブル）MTと、を含む。第1位置決めデバイスPMは、パターニングデバイスがあるパラメータに従って正確に位置決めする。この装置は、基板（例えばレジストコートウエハ）Wを保持するよう構成され、第2位置決めデバイスPWに接続された基板テーブル（例えばウエハテーブル）WTもしくは「基板サポート」を含む。第2位置決めデバイスPWは、あるパラメータに従って基板を正確に位置決めするよう構成される。この装置はさらに、パターニングデバイスMAによって放射ビームBに付与されたパターンを、基板Wのターゲット部分C（例えば1つもしくは複数のダイを含む）上に投影する投影システム（たとえば屈折投影レンズシステム）PSを含む。

30

【0020】

照明システムは、放射ビームを方向付け、成形し、あるいは制御するために、屈折光学素子、反射光学素子、磁気光学素子、電磁気光学素子、静電光学素子、あるいはこれらの任意の組み合わせなどの様々な種類の光学素子を含んでもよい。

【0021】

マスクサポート構造はパターニングデバイスを支持する、すなわちその重量に耐える。マスクサポート構造は、パターニングデバイスの配向やリソグラフィ装置の設計や、たとえばパターニングデバイスが真空環境中で保持されているか否か等の他の条件などに応じた態様でパターニングデバイスを保持している。マスクサポート構造は、機械的固定、真空固定、静電固定、またはパターニングデバイスを保持するための他の固定用技術を使用できる。マスクサポート構造は、例えば必要に応じて固定または移動させることができるフレームまたはテーブルであってもよい。マスクサポート構造は、パターニングデバイスを例えば投影システムに対して所望の位置に配置することを確実なものとすることができる。本明細書における「レチクル」または「マスク」という用語の使用はすべて、より一般的な「パターニングデバイス」という用語の同義語とみなすことができる。

40

【0022】

50

本明細書で使用されている「パターニングデバイス」という用語は、放射ビームの断面にパターンを付与し、それにより基板のターゲット部分にパターンを生成するべく使用することができる任意のデバイスを意味するものとして広義に解釈されたい。放射ビームに付与されるパターンは、たとえばその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んでいる場合、基板のターゲット部分における所望のパターンに必ずしも厳密に対応している必要はないことに留意されたい。放射ビームに付与されるパターンは、通常、ターゲット部分に生成されるデバイス、たとえば集積回路などのデバイス中の特定の機能層に対応している。

【0023】

パターニングデバイスは透過型であっても反射型であってもよい。パターニングデバイスの例としては、例えばマスクやプログラマブルミラーアレイ、プログラマブルLCDパネルなどがある。マスクはリソグラフィの分野では周知であり、バイナリマスクやレベンソン型位相シフトマスク、ハーフトーン型位相シフトマスク、更に各種のハイブリッド型マスクが含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例としては、小型のミラーがマトリックス状に配列され、各ミラーが入射してくる放射ビームを異なる方向に反射するよう個別に傾斜されるというものがある。これらの傾斜ミラーにより、マトリックス状ミラーで反射された放射ビームにパターンが付与されることになる。

10

【0024】

本明細書で使用されている「投影システム」という用語は、たとえば使用する露光放射に適した、もしくは液浸液の使用または真空の使用などの他の要因に適した、屈折光学系、反射光学系、カタディオプトリック光学系、磁気光学系、電磁気光学系、静電光学系、またはそれらの任意の組合せを含む任意の種類の投影システムが含まれているものとして広義に解釈されたい。本明細書における「投影レンズ」という用語の使用はすべて、より一般的な「投影システム」という用語の同義語とみなすことができる。

20

【0025】

本明細書に示されるように、本装置は（たとえば透過マスクを用いる）透過型である。あるいはまた、本装置は（たとえば、上述した種類のプログラマブルミラーアレイを用いた、あるいは反射マスクを用いた）反射型であってもよい。

【0026】

リソグラフィ装置は2つ以上（2つの場合にはデュアルステージと呼ばれる）の基板テーブルもしくは「基板サポート」（および／または2つ以上のマスクテーブルもしくは「マスクサポート」）を備えてよい。このような多重ステージ型の装置においては追加されたテーブルまたはサポートは並行して使用されるか、あるいは1以上のテーブルまたはサポートで露光が行われている間に他の1以上のテーブルまたはサポートで準備工程を実行するようにしてもよい。

30

【0027】

また、リソグラフィ装置は、基板の少なくとも一部が比較的屈折率の大きい液体、たとえば水で覆われ、それにより投影システムと基板の間の空間が充填されるタイプの装置であってもよい。液浸液はリソグラフィ装置の他の空間、例えばマスクと投影システムとの間に導入されてもよい。液浸技術は、投影システムの開口数を大きくするために使用される。本明細書で使用されている「液浸」という用語は、基板などの構造を液体中に浸すべきであることを意味しているのではなく、単に、露光の間、投影システムと基板の間に液体が置かれることを意味しているにすぎない。

40

【0028】

図1を参照すると、イルミネータILは、放射源SOから放射ビームを受け取っている。例えば放射源がエキシマレーザである場合、放射源およびリソグラフィ装置は、別個の構成要素とすることができます。このような場合、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備えたビーム搬送系BDを使用して放射源SOからイルミネータILへ受け渡される。それ以外のたとえば放射源が水銀灯などの場合、放射源はリソグラフィ装置と一緒に構成されていてもよい。放射源SOおよびイルミネータ

50

ILは、またビーム搬送系BDが必要とされる場合にはこれも合わせて、放射システムと称されてもよい。

【0029】

イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調整するためのアジャスタADを備えてもよい。一般には、イルミネータの瞳平面における強度分布の少なくとも半径方向外径および/または内径(通常それぞれ「シグマ-アウタ(-outer)」、「シグマ-インナ(-inner)」と呼ばれる)が調整される。加えて、イルミネータILは、インテグレータINおよびコンデンサCOなどの種々の他の要素を備えてもよい。イルミネータは、ビーム断面における所望の均一性及び強度分布を得るべく放射ビームを調整するために用いられる。

10

【0030】

放射ビームBは、マスクサポート構造(例えば、マスクテーブル)MTに保持されたパターニングデバイス(例えば、マスクMA)に入射して、当該パターニングデバイスによりパターンを付与される。マスクMAを透過した後、放射ビームBは、投影システムPSを通過する。投影システムPSは、ビームを基板Wのターゲット部分Cに合焦させる。第2位置決めデバイスPWと位置センサIF(例えば、干渉計、リニアエンコーダ、静電容量センサなど)とにより基板テーブルWTは正確に移動され、例えば放射ビームBの経路に異なる複数のターゲット部分Cをそれぞれ位置決めするように移動される。同じように、第1位置決めデバイスPMともう1つの位置センサ(図1に明確には示されていない)とを用いて、例えばマスクライブライから機械検索後、または走査中に、マスクMAを放射ビームBの経路に対して正確に位置決めることができる。通常、マスクテーブルMTの移動は、第1位置決めデバイスPMの一部を形成しているロングストロークモジュール(粗い位置決め用)およびショートストロークモジュール(精細な位置決め用)を使用して実現することができる。同様に、基板テーブルWTもしくは「基板サポート」の移動は、第2位置決め器PWの一部を形成してい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することができる。ステッパの場合(スキャナとは対照的に)、マスクテーブルMTは、ショートストロークアクチュエータのみに接続され、あるいは固定される。マスクMAおよび基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2および基板アライメントマークP1、P2を使用して整列させることができる。図では、基板アライメントマークは専用のターゲット部分を占有しているが、基板アライメントマークは、ターゲット部分間のスペースに配置されてもよい(このような基板アライメントマークは、スクライブライアライメントマークとして知られている)。同様に、1つ以上のダイがマスクMA上に設けられる場合、ダイ間にマスクアライメントマークが配置されてもよい。

20

【0031】

図示の装置は、以下に示すモードのうちの少なくとも1つのモードで使用することができる。

1.ステップモードにおいては、放射ビームに付与されたパターンの全体が1回の照射でターゲット部分Cに投影される間、マスクテーブルMTもしくは「マスクサポート」および基板テーブルWTもしくは「基板サポート」は、実質的に静止状態とされる(すなわち1回の静的な露光)。そして基板テーブルWTもしくは「基板サポート」がX方向及び/またはY方向に移動されて、異なるターゲット部分Cが露光される。ステップモードでは露光フィールドの最大サイズによって、1回の静的露光で結像されるターゲット部分Cの寸法が制限されることになる。

40

2.スキャンモードにおいては、放射ビームに付与されたパターンがターゲット部分Cに投影される間、マスクテーブルMTもしくは「マスクサポート」および基板テーブルWTもしくは「基板サポート」は、同期して走査される(すなわち1回の動的な露光)。マスクテーブルMTもしくは「マスクサポート」に対する基板テーブルWTもしくは「基板サポート」の速度及び方向は、投影システムPSの拡大(縮小)特性及び像反転特性により定められる。スキャンモードでは露光フィールドの最大サイズが1回の動的露光でのタ

50

ターゲット部分 C の（非走査方向の）幅を制限し、走査移動距離がターゲット部分の（走査方向の）長さを決定する。

3. その他のモードにおいては、マスクテーブル M T もしくは「マスクサポート」はプログラマブルパターニングデバイスを保持して実質的に静止状態とされ、放射ビームに付与されたパターンがターゲット部分 C に投影される間、基板テーブル W T もしくは「基板サポート」が移動またはスキャンされる。このモードでは、通常、パルス放射源が使用され、スキャン中、基板テーブル W T もしくは「基板サポート」が移動する毎に、あるいは連続する放射パルス間に、必要に応じてプログラマブルパターニングデバイスが更新される。この動作モードは、上述した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ニングデバイスを利用しているマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。10

【 0 0 3 2 】

上述の使用モードの組み合わせおよび／または変形、もしくは全く異なった使用モードが使われてもよい。

【 0 0 3 3 】

図 2 は、総じて参照符号 1 で示されるアライメント測定システムを示す。このアライメント測定システムは、基板 3 上のアライメントマーク 2 の形をとるアライメントターゲットを測定するためのものである。アライメント測定システム 1 は、基板 3 に向けて測定ビーム 5 を提供するためのレーザ源などの照明源 4 と、基板 3 で反射された後の測定ビーム 5 を受けるための検出器システム 6 と、を備える。20

【 0 0 3 4 】

アライメント測定システム 1 はさらに、検出器システム 6 が受けた測定ビーム 5 に基づいてアライメントを決定する処理ユニット 7 を備える。

【 0 0 3 5 】

照明源 4、検出器システム 6 および／または処理ユニット 7 は別体であってもよく、または単一のユニットとして統合されていてもよい。処理ユニット 7 は専用の処理ユニットであってもよく、またはリソグラフィ装置の中央処理ユニットなどのリソグラフィ装置の他のプロセッサに統合されていてもよい。

【 0 0 3 6 】

図 2 の実施の形態では、照明源 4 は単一の波長を有する連続的測定ビーム 5 を提供する。測定ビームは 45 度の角度で偏光している。この角度は例えばアライメントマークにおける小区分方向に対して定義されてもよいし、走査方向やステージ直交方向や他の任意の適切な基準に対して定義されてもよい。30

【 0 0 3 7 】

代替的な実施の形態では、照明源は「白色光」などの複数の波長を含む測定ビームを生成してもよい。すなわち、照明源は可視スペクトルの複数の色の混成を生成してもよい。測定ビーム 5 0 は偏光した光線であってもよいし、偏光していない光線であってもよい。測定ビーム 4 は、パルスピームであってもよいし、連続的なビームであってもよい。

【 0 0 3 8 】

検出器システム 6 は干渉計ユニット 8 を備える。反射された測定ビーム 5 は参照ビーム 5 a と合わせて合成測定ビーム 9 が生成される。合成測定ビーム 9 はアライメントマーク 2 の測定を表す強度変動を有する。アライメント測定システムにおいて使用されるべきそのような干渉計ユニット 8 はそのようなものとして知られている。40

【 0 0 3 9 】

合成測定ビーム 9 はビーム分割デバイス 1 0 へと導かれる。ビーム分割デバイス 1 0において、合成測定ビーム 9 は第 1 測定ビーム部分 9 a と第 2 測定ビーム部分 9 b とに分けられる。第 1 測定ビーム部分 9 a は第 1 偏光デバイス 1 1 に導かれる。第 2 測定ビーム部分 9 b は第 2 偏光デバイス 1 2 に導かれる。第 1 偏光デバイス 1 1 から、第 1 測定ビーム部分 9 a が第 1 検出器 1 3 に導かれ、第 2 偏光デバイス 1 2 から、第 2 測定ビーム部分 9 b が第 2 検出器 1 4 に導かれる。第 1 検出器 1 3 は、第 1 検出器 1 3 によって受け取られ50

た第1測定ビーム部分9aに基づく第1検出信号を提供する。第2検出器14は、第2検出器14によって受け取られた第2測定ビーム部分9bに基づく第2検出信号を提供する。第1、第2検出器13、14によって提供される第1、第2検出信号は、合成測定ビーム9の異なる偏光成分に基づく。

【0040】

処理ユニットは、第1検出信号および／または第2検出信号の強度変動に基づいて、アライメントマーク2のアライメントを決定するよう構成される。

【0041】

測定ビームを異なる偏光を有する2つの測定ビーム部分に分けることの利点は、第1検出信号と第2検出信号との比較によって、例えば第1検出信号と第2検出信号との間の減算によって、アライメントマーク2の層以外の基板上の層によって誘起されたノイズを除去することができる。このことは図3を参照して説明される。

10

【0042】

図3には、基板3上のいくつかの層20が示される。層20のうちのひとつにアライメントマーク2が設けられる。測定ビームが異なる複数の層20を通過するときまたは層20のうちのひとつで反射されるとき、その測定ビームにノイズが導入されるであろう。測定ビームの異なる複数の偏光角について、このノイズの影響は通常同等である。しかしながら、適切なアライメントマーク2が選択された場合、アライメントマーク2の測定ビームに対する影響は異なる偏光方向について異なるものとなりうる。

【0043】

20

検出器13、14によって提供される検出信号は、異なる偏光を有する第1および第2ビーム部分に基づく。これらの検出信号は、処理ユニットにおいて減算などにより比較される。その結果、両方のビーム部分で実質的に同レベルであるノイズレベル、例えば異なる複数の層20に起因するノイズレベルは相殺されるかまたは少なくともかなり低減される。これに対して、第1検出器13および第2検出器14によって受け取られた、異なる偏光を有する2つの測定ビーム部分のアライメントマーク2での反射に起因する強度変動は、異なる値を有するであろう。検出信号を減算することなどによる比較によって検出信号が相殺されるのではなく、アライメントマーク2のアライメントを示す信号が得られるのである。この信号に基づいて、基板のアライメントが決定されうる。

【0044】

30

第1および第2測定ビーム部分の偏光方向は、信号間の最適な差が得られるよう選択されうる。ある実施の形態では、一方の測定ビーム部分は偏光されて磁気的横波(TM波)を伴うビーム部分となる。このTM波は、p波電場を有する、p偏光している、パイ(pi)偏光している、接平面偏光している、などとして示される。他方の測定ビーム部分は偏光されて電気的横波(TE波)を伴うビーム部分となる。このTE波は、s波電場を有する、s偏光している、シグマ偏光している、サジタル面偏光している、などとして示される。

【0045】

適切な結果を得るために、2つの偏光間で十分に大きな信号差を提供できる小区分化アライメントマークを使用可能である。ある実施の形態では、そのようなアライメントマーク2は、ある方向において密に小区分化されたラインを、小区分化されていないスペースと組み合わせて含む。

40

【0046】

例えば、所定の位相深さについて、アライメントマークのコントラストは、アライメントマーク2のラインとスペースとの間の反射率(または有効n:Neff)の差によって決定される。小区分化された格子のNeffは、図4に示されるように、小区分化のデューティサイクルを変えると変わる。アライメントマーク2が図4において破線で示されるように、スペースについては0%のデューティサイクル、ラインについては約25%のデューティサイクルとなるよう作られている場合、TM偏光ではアライメント信号はほとんどない。TE偏光についてのアライメント信号は、ラインとスペースとの間の大きな差の

50

ためかなり大きい。

【0047】

図2の実施の形態の別の利点は、光源4のノイズを実質的に排除できることである。照明源4が例えば45度の単一角度で偏光した、所定のノイズレベルを有する光線などの測定ビームを生成する場合、測定ビームは異なる偏光を有する2つの測定ビーム部分に分離されるであろう。したがって、照明源4によって誘起されるどのようなノイズも、第1測定ビーム部分および第2測定ビーム部分の両方について同様のレベルとなるであろう。その結果、第1および第2測定ビーム部分から得られた測定信号の減算または他の比較方法によって、このノイズ項を除去できるかまたは少なくともかなり低減できる。

【0048】

10

図5は、本発明に係るアライメント測定システム1の代替的な実施の形態を示す。図2の測定システム1の部分と同じまたは同様な測定システムの部分は同じ符号で示される。

【0049】

アライメント測定システム1は、測定ビーム5を提供するための照明源4と、基板3で、特にアライメントマーク2で反射された後の測定ビーム5を受けるための検出器システム6と、を備える。

【0050】

アライメント測定システム1はさらに、検出器システム6が受けた反射測定ビーム5に基づいてアライメントを決定する処理ユニット7を備える。

【0051】

20

図5の実施の形態では、照明源4は、パルス白色光レーザ測定ビーム5を提供する。すなわち、照明源4は可視スペクトルの複数の色の混成を提供する。測定ビーム5は、45度の角度で偏光している。この角度は例えばアライメントマークにおける小区分方向に対して定義されてもよいし、走査方向やステージ直交方向に対して定義されてもよい。他の任意の適切な偏光角が使用されてもよい。

【0052】

検出器システム6は干渉計ユニット8を備える。反射された測定ビーム5は参照ビーム5aと合わせて合成測定ビーム9が生成される。合成測定ビーム9はアライメントマーク2の測定を表す強度変動を有する。

【0053】

30

合成測定ビーム9はビーム分割デバイス10へと導かれ、そこで2つの測定ビーム部分9a、9bに分けられる。その後、測定ビーム部分9a、9bのそれぞれは、第1および第2偏光デバイス11、12のうちのひとつへと導かれる。_____

【0054】

第1測定ビーム部分9aは第1分散ファイバ31によって受け取られ、第2測定ビーム部分9bは第2分散ファイバ32によって受け取られる。第1分散ファイバ31は第1検出器13につながっており、第2分散ファイバ32は第2検出器14につながっている。分散ファイバ31、32の長さに起因して、パルス光の異なる波長は時間的に分離される。この効果のさらなる詳細については、ネイチャー(Nature)、458巻、2009年、1145頁-1150頁を参照されたい。これは参考により本明細書に組み入れられる。その結果、異なる波長の強度変動は、第1検出器13および第2検出器14に、異なる時刻に到達する。照明源4の最初の測定ビームパルス後の適切な時間を選択することにより、第1検出器13および第2検出器14によって受信された測定強度と波長とを対応付けることができる。このようにして、測定ビーム5の異なる波長についての強度変動応答を得られる。

40

【0055】

正しい波長と最初のパルス後の正しい時間とを対応付けるために、アライメント測定システム1は較正されるべきである。そのような較正は、パルスが照明源4によって放たれた後、所定の波長が第1または第2検出器13、14に到着するのに必要な時間を決定することによって行われうる。

50

【 0 0 5 6 】

処理ユニット 7において、第 1 検出器および第 2 検出器の信号の強度を時間の関数として解析するために、ボックスカーリング機能を使用してもよい。そのようなボックスカーリング機能方法は知られている。

【 0 0 5 7 】

図 5 の実施の形態の利点は、白色光の単一パルスの異なる複数の波長を、单一の検出器 13、14 によって解析できることである。検出器 13、14 によって受け取られる強度の時間変動は、波長の関数である。処理ユニットにおける適切な処理によって、照明源の单一のパルスで、アライメントマークの全ての波長 - 偏光依存反射率を得ることができる。これにより、より役に立つアライメント情報を得ることができ、したがって、処理ロバストなアライメント位置を改善することができる。10

【 0 0 5 8 】

分散ファイバおよび分散ファイバに伴う上述の効果を一般のアライメント測定システムにも適用できることを注意しておく。そのようなアライメント測定システムでは、合成測定ビーム 9 は 2 つ以上の測定ビーム部分 9a、9b に分割されることはない。そのようなシステムでは、合成測定ビーム 9 を分散ファイバを通じて導くことで、異なる波長の強度変動を分散させ、これらの強度を单一の検出器によって時間したがって波長に依存して測定することができる。

【 0 0 5 9 】

さらに、図 5 の実施の形態は、測定ビームを異なる偏光を有する 2 つの測定ビーム部分に分け、その 2 つの測定ビーム部分から得られる検出信号を減算するなどして比較することにより、ノイズを低減または相殺できるという利点を有する。このノイズは、照明源 4 に起因するノイズまたは基板 3 上の異なる複数の層 20 に起因するノイズの両方であってもよい。20

【 0 0 6 0 】

本明細書では I C の製造におけるリソグラフィ装置の使用を例として説明しているが、リソグラフィ装置は他の用途にも適用することが可能であるものと理解されたい。他の用途としては、集積光学システム、磁区メモリ用ガイドンス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がある。当業者であればこれらの他の適用に際して、本明細書における「ウエハ」あるいは「ダイ」という用語がそれぞれ「基板」あるいは「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義であるとみなされると理解することができるであろう。基板は露光前または露光後においてトランク（典型的にはレジスト層を基板に塗布し、露光後のレジストを現像する装置）、メトロロジツール、及び / またはインスペクションツールにより処理されてもよい。適用可能であれば、本明細書の開示はこれらのまたは他の基板処理装置にも適用され得る。また、基板は例えば多層 I C を製造するために複数回処理されてもよく、その場合には本明細書における基板という用語は既に処理されている多数の処理層を含む基板をも意味する。30

【 0 0 6 1 】

ここでは特に光リソグラフィを本発明に係る実施の形態に適用したものと例として説明しているが、本発明は例えばインプリントリソグラフィなど文脈が許す限り他にも適用可能であり、光リソグラフィに限られるものではない。インプリントリソグラフィでは、パターニングデバイスのトポグラフィが基板に生成されるパターンを決める。パターニングデバイスのトポグラフィが基板に塗布されているレジスト層に押し付けられ、電磁放射や熱、圧力、あるいはこれらの組み合わせによってレジストが硬化される。レジストが硬化されてから、パターニングデバイスは、パターンが生成されたレジストから外されて外部に移動される。

【 0 0 6 2 】

本明細書において「放射」および「ビーム」という用語は、紫外 (UV) 放射（例えば約 365 nm、248 nm、193 nm、157 nm、または 126 nm の波長を有する）40

) および極端紫外(E U V)放射(例えは 5 nm - 20 nm の範囲の波長を有する) を含むあらゆる種類の電磁放射、およびイオンビームや電子ビームなどの粒子線を示す。

【 0 0 6 3 】

「レンズ」という用語は、文脈が許す限り、屈折光学素子、反射光学素子、磁気的光学素子、電磁気的光学素子、静電的光学素子を含む 1 つまたは各種の光学素子の組み合わせを指し示すものであってもよい。

【 0 0 6 4 】

本発明の具体的な実施の形態が上述のように説明されたが、本発明は上述の形式以外の形式でも実施可能であると理解されたい。例えば、本発明はコンピュータプログラムの形式を取ってもよい。このコンピュータプログラムは機械に読み取り可能な命令の 1 つもしくは複数のシーケンスを含む。命令は、上述の方法を記述する。あるいはまた、本発明は、そのようなコンピュータプログラムを記憶保持するデータ記憶媒体(例えは半導体メモリ、磁気もしくは光学ディスク) の形式を取ってもよい。

【 0 0 6 5 】

上述の記載は例示を目的としており、それに限定されるものではない。したがって下記の実施の形態の範囲から逸脱することなく記載された発明に変更を加えることができるということは、関連技術の当業者には明らかなことであろう。

1 . 対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムであつて、

対象に向けて測定ビームを提供する照明源と、
対象で反射した後の測定ビームを受ける検出器システムと、
検出器システムが受けた測定ビームに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、
を備え、

本測定システムは、
測定ビームを第 1 ビーム部分と第 2 ビーム部分とに分けるビーム分割デバイスと、
第 1 ビーム部分および / または第 2 ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変える偏光デバイスと、を備え、

結果として得られる第 1 ビーム部分の偏光角は結果として得られる第 2 ビーム部分の偏光角とは異なり、

検出器システムは、第 1 ビーム部分を受ける第 1 検出器と第 2 ビーム部分を受ける第 2 検出器とを含み、

処理ユニットは、偏光した第 1 ビーム部分と偏光した第 2 ビーム部分との比較を含む信号に基づいてアライメントを決定するよう構成される、アライメント測定システム。

2 . 照明源は偏光した測定ビームを提供するよう構成される、実施の形態 1 に記載のシステム。

3 . 照明源は複数の波長を含む測定ビームを提供する、実施の形態 1 に記載のシステム。
4 . 照明源は単一の波長を有する測定ビームを提供する、実施の形態 1 に記載のシステム。

5 . 照明源はパルス状の測定ビームを提供する、実施の形態 1 に記載のシステム。

6 . 偏光デバイスは、第 1 ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変える第 1 偏光デバイスと、第 2 ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変える第 2 偏光デバイスと、を含む、実施の形態 1 に記載のシステム。

7 . 検出器システムは干渉デバイスを含む、実施の形態 1 に記載のシステム。

8 . 検出器システムは第 1 および第 2 ビーム部分のそれぞれについて、ビーム分割デバイスと対応する検出器との間に分散ファイバを備える、実施の形態 1 に記載のシステム。

9 . 第 1 検出器、第 2 検出器はそれぞれ、第 1 ビーム部分、第 2 ビーム部分の強度を測定するよう構成されている、実施の形態 8 に記載のシステム。

10 . 比較は、第 2 検出器によって測定された強度を第 1 検出器によって測定された強度から減算することを含む、実施の形態 9 に記載のシステム。

11 . 放射ビームを調整するよう構成された照明システムと、

10

20

30

40

50

放射ビームの断面にパターンを付与することでパターン付与された放射ビームを形成可能なパターニングデバイスを支持するよう構成されたサポートと、

基板を保持するよう構成された基板テーブルと、

パターン付与された放射ビームを基板のターゲット部分に投影するよう構成された投影システムと、を備え、

本リソグラフィ装置は実施の形態1から11のいずれかに記載のアライメント測定システムを備える、リソグラフィ装置。

12. リソグラフィ装置において基板のアライメントを決定する方法であって、

照明源によって、基板上のアライメントターゲットを測定ビームで照明することと、

検出器システムによって、対象で反射した後の測定ビームを受けることと、

10

処理ユニットアライメントによって、検出器システムが受けた測定ビームに基づいて、基板のアライメントを決定することと、を含み、

本方法は、

ビーム分割デバイスによって、測定ビームを第1ビーム部分と第2ビーム部分とに分けることと、

第1および/または第2偏光デバイスによって、第1ビーム部分および/または第2ビーム部分を偏光させるかまたはその偏光を変えることと、を含み、

結果として得られる第1ビーム部分の偏光角は結果として得られる第2ビーム部分の偏光角とは異なり、

アライメントを決定するステップは、第1ビーム部分に基づく第1測定信号と第2ビーム部分に基づく第2測定信号との比較に基づく、方法。

20

13. 第1および第2ビーム部分間の信号差を増やすために、アライメントターゲットは小区分化されている、実施の形態12に記載の方法。

14. アライメントマークはラインとスペースとを有し、ラインは小区分化されている、実施の形態13に記載の方法。

15. 第1放射は高い繰り返しレートを有する高い強度の短パルス放射である、実施の形態12に記載の方法。

16. 対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムであつて、

複数の波長の光を含む測定ビームパルスを対象に向けて提供する照明源と、

30

対象で反射した後の測定ビームパルスを受ける検出器システムと、

検出器システムが受けた測定ビームパルスに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備え、

検出器システムは第1検出器および分散ファイバを含み、

前記測定ビームパルスの異なる波長成分が前記分散ファイバのなかで分光されて第1検出器に異なる時刻に到達するよう、分散ファイバは測定ビームパルスの少なくとも一部を第1検出器へ案内するよう構成される、アライメント測定システム。

17. 放射ビームを調整するよう構成された照明システムと、

放射ビームの断面にパターンを付与することでパターン付与された放射ビームを形成可能なパターニングデバイスを支持するよう構成されたサポートと、

40

基板を保持するよう構成された基板テーブルと、

パターン付与された放射ビームを基板のターゲット部分に投影するよう構成された投影システムと、を備え、

本リソグラフィ装置は対象上のアライメントターゲットを測定するためのアライメント測定システムを備え、

アライメント測定システムは、

複数の波長の光を含む測定ビームパルスを対象に向けて提供する照明源と、

対象で反射した後の測定ビームパルスを受ける検出器システムと、

検出器システムが受けた測定ビームパルスに基づいてアライメントを決定する処理ユニットと、を備え、

50

検出器システムは第1検出器および分散ファイバを含み、前記測定ビームパルスの異なる波長成分が前記分散ファイバのなかで分光されて第1検出器に異なる時刻に到達するよう、分散ファイバは測定ビームパルスの少なくとも一部を第1検出器へ案内するよう構成される、リソグラフィ装置。

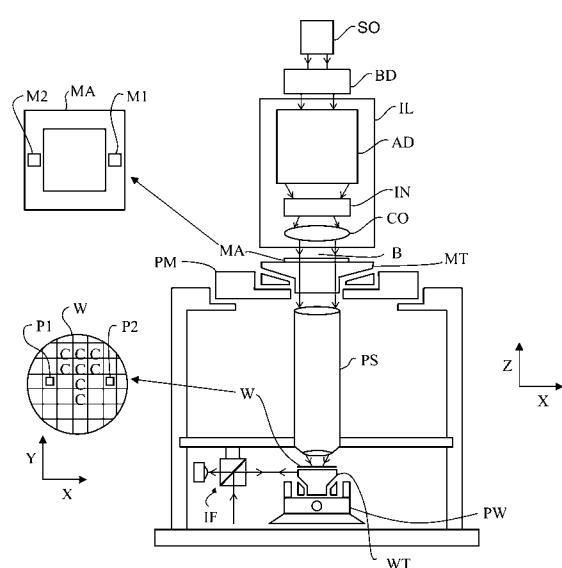
18. リソグラフィ装置において基板のアライメントを決定する方法であって、照明源によって、複数の波長の光を含む測定ビームパルスで基板上のアライメントターゲットを照明することと、

検出器システムによって、対象で反射した後の測定ビームパルスを受けることと、処理ユニットによって、検出器システムが受けた測定ビームパルスに基づいてアライメントを決定することと、を含み、
10

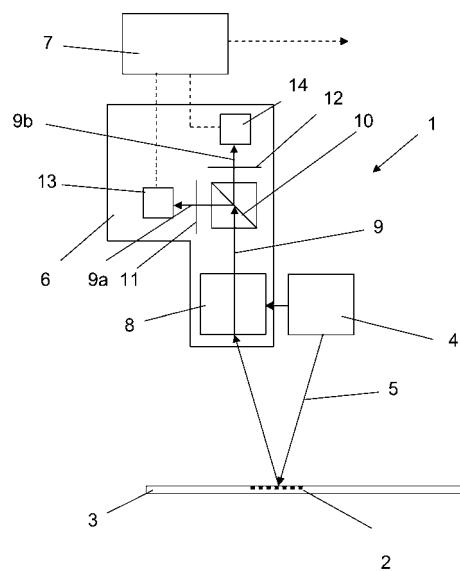
前記検出器システムによって前記測定ビームパルスを受けるステップは、

前記測定ビームパルスの異なる波長成分が分散ファイバのなかで分光されて第1検出器に異なる時刻に到達するよう、前記分散ファイバを通じて測定ビームパルスの少なくとも一部を検出器システムの第1検出器へ案内することを含む、方法。

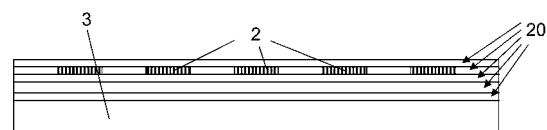
【図1】



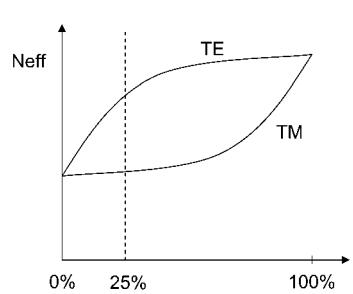
【図2】



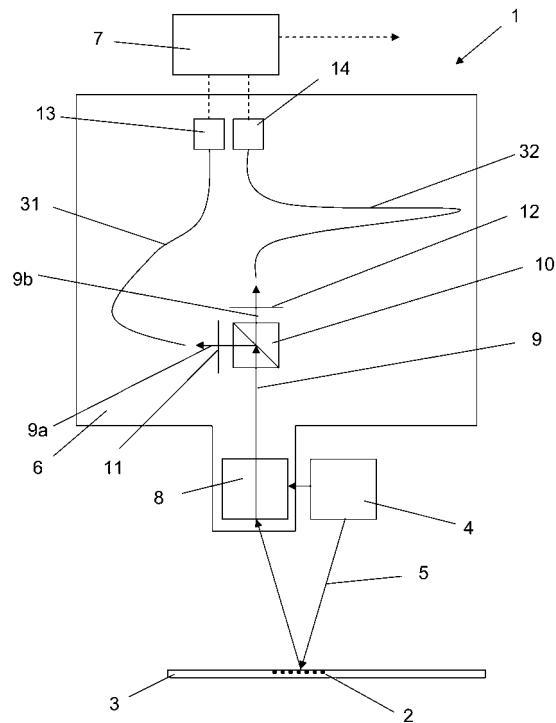
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 サミ ムサ
オランダ国 フェルトホーフェン 5508 シーエヌ ブイケイ 44

審査官 関口 英樹

(56)参考文献 特開2009-064024(JP,A)
特開2002-350117(JP,A)
特開平05-087528(JP,A)
特開平04-148808(JP,A)
特開平09-293663(JP,A)
特表2008-534990(JP,A)
特開平05-040026(JP,A)
特開平07-239212(JP,A)
特開昭63-005203(JP,A)
特開昭62-211503(JP,A)
特開2006-157023(JP,A)
特開2007-335906(JP,A)
特表2003-506741(JP,A)
特開2005-062155(JP,A)
特表2011-529230(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G01B 11/00 - 11/30
G02B 19/00 - 21/00、21/06 - 21/36