

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-244448

(P2008-244448A)

(43) 公開日 平成20年10月9日(2008.10.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 0 2 V	2 G 0 0 1
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 4 E	2 G 0 5 1
GO 1 N 21/956 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 1 6 C	5 F 0 4 6
GO 1 N 23/225 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 2 1	
	GO 1 N 21/956 A	

審査請求 有 請求項の数 33 O L 外国語出願 (全 26 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2008-32956 (P2008-32956)  
 (22) 出願日 平成20年2月14日 (2008. 2. 14)  
 (31) 優先権主張番号 11/708, 678  
 (32) 優先日 平成19年2月21日 (2007. 2. 21)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504151804  
 エーエスエムエル ネザーランズ ビー.  
 ブイ.  
 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550  
 4 ディー アル, 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 眞司  
 (74) 代理人 100109346  
 弁理士 大貫 敏史  
 (72) 発明者 ストラーイェル, アレクサンダー  
 オランダ国, アイントホーフエン 564  
 4 ケーケー, キクラメンストラート 2

最終頁に続く

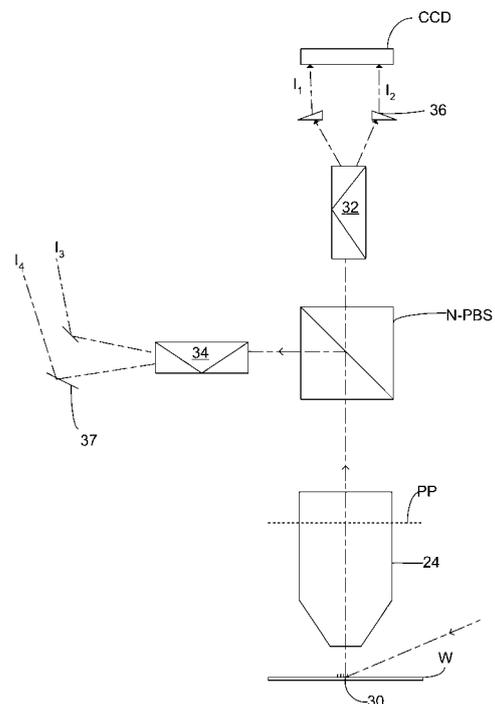
(54) 【発明の名称】 検査方法および装置、リソグラフィ装置、ならびにリソグラフィセル

(57) 【要約】

【課題】 構造から回折したビームの位相差および振幅を、複数の範囲の波長を有する既知の位相変調器の欠点がない状態で測定可能なスカトロメータの楕円偏光法の機能を提供する。

【解決手段】 本発明は、基板の特性を求めるために、基板から回折したら、別個に偏光した4つのビームを同時に測定することに関する。最大3つの偏光要素を介して、円または楕円偏光源を渡す。これは、光源を0、45、90および135°偏光する。位相変調器の代わりに、複数の偏光ビームスプリッタを使用するが、4つのビーム全部の強度を測定し、したがって組み合わせたビームの位相変調および振幅を測定して、基板の特徴を提供することができる。

【選択図】 図7



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板の特性を測定する検査装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを基板に集光する光学要素と、  
前記放射ビームの少なくとも 4 つの部分をも 4 つの異なる偏光配向に偏光する偏光デバイスと、  
前記放射ビームの前記 4 つの偏光配向の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含む検査装置。

10

**【請求項 2】**

基板の特性を測定する検査装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを前記基板の表面に集光する光学要素と、  
前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二サブビームに分離するビームスプリッタと、  
前記第一サブビームを 2 つの直交偏光サブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
前記第二サブビームを 2 つのさらなる直交偏光サブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
前記基板の前記表面から反射した 4 つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含む検査装置。

20

**【請求項 3】**

基板の特性を測定する検査装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを前記基板の表面に集光する光学要素と、  
前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するビームスプリッタと、  
前記第一サブビームを、それぞれ約 0 および 90° 偏光の 2 つのサブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
前記第一偏光ビームスプリッタに対して約 45° 回転し、前記第二サブビームを、それぞれ約 45 および約 135° 偏光の 2 つのサブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
前記基板の前記表面から反射した 4 つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含む検査装置。

30

**【請求項 4】**

前記基板から反射した前記放射ビームが楕円偏光される、  
請求項 3 に記載の検査装置。

40

**【請求項 5】**

前記サブサブビームを前記検出器システムへと偏向する光学楔をさらに備える、  
請求項 3 に記載の検査装置。

**【請求項 6】**

前記サブサブビームを前記検出器システムへと偏向するデフレクタをさらに備える、  
請求項 3 に記載の検査装置。

**【請求項 7】**

前記ビームスプリッタおよび前記第一および第二偏光ビームスプリッタが、偏光プリズムを備える、  
請求項 3 に記載の検査装置。

50

## 【請求項 8】

前記ビームスプリッタおよび前記第一および第二偏光ビームスプリッタがウォラストンプリズムを備える、  
請求項 3 に記載の検査装置。

## 【請求項 9】

前記サブビームが TE ビームおよび TM ビームを備える、  
請求項 3 に記載の検査装置。

## 【請求項 10】

集光システム、および前記集光システムの像面に配置され、前記サブサブビームが前記検出器上の様々な位置で受け取られるように、前記偏光サブサブビームを異なる方向に再誘導する光学楔をさらに備える、  
請求項 3 に記載の検査装置。

10

## 【請求項 11】

楕円偏光の放射ビームを提供し、  
基板の表面で前記放射ビームを反射し、  
前記反射したビームを第一および第二直交偏光サブビームに分割し、  
前記第一サブビームを、それぞれ約 0 および約 90° の偏光配向の第一および第二サブサブビームに分割し、  
前記第二サブビームを、それぞれ約 45 および約 135° の偏光配向の第三および第四サブサブビームに分割し、  
4 つのサブサブビーム全部を同時に検出する、  
ことを含む基板の特性を測定する方法。

20

## 【請求項 12】

前記第二サブビームの前記分割が、前記第一サブビームを分割するビームスプリッタに対して約 45° 回転したビームスプリッタを使用して実行される、  
請求項 11 に記載の方法。

## 【請求項 13】

基板の特性を測定する検査装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを前記基板の表面に集光する光学要素と、  
前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するビームスプリッタと、  
前記第一サブビームを、それぞれ約 0 および 180° 偏光の 2 つのサブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
前記第二サブビームの偏光を約 90° 回転する半波長板と、  
前記第二サブビームを、それぞれ約 45 および約 135° 偏光配向の 2 つのサブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
前記基板の前記表面から反射した 4 つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含む検査装置。

30

40

## 【請求項 14】

前記基板から反射した前記ビームが円偏光される、  
請求項 13 に記載の検査装置。

## 【請求項 15】

円偏光の放射ビームを提供し、  
基板の表面で放射ビームを反射し、  
前記反射したビームを第一および第二直交偏光サブビームに分割し、  
前記第一サブビームを、それぞれ約 0 および約 90° の偏光の第一および第二サブサブビームに分割し、  
前記第二サブビームの偏光を約 90° 回転し、

50

前記第二サブビームを、それぞれ約 45 および 135° の偏光配向の第三および第四サブビームに分割し、

4つのサブサブビーム全部を同時に検出する、  
ことを含む基板の特性を測定する方法。

【請求項 16】

前記第二サブビームの前記回転が、半波長板を使用して実行される、  
請求項 15 に記載の方法。

【請求項 17】

基板の特性を測定する検査装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを前記基板の表面に集光する光学要素と、  
前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一、第二、第三および第四空間分離サブビームに分離する光学分割要素と、  
前記第一、第二、第三および第四サブビームを、それぞれ約 0、45、90 および 135° の偏光配向で偏光する 4つの偏光デバイスと、  
前記基板の前記表面から反射した 4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含む検査装置。

10

【請求項 18】

円偏光の放射ビームを提供し、  
基板の表面で放射ビームを反射し、  
前記反射したビームを 4つのサブビームに分割し、  
前記 4つのサブビームを 4つの異なる配向の偏光デバイスに透過させて、それぞれ約 0、45、90 および 135° の偏光配向の 4つの偏光ビームを生成し、  
4つのサブサブビーム全部を同時に検出する、  
ことを含む基板の特性を測定する方法。

20

【請求項 19】

基板の特性を測定する検査装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを前記基板の表面に集光する光学要素と、  
前記放射ビームを偏光して、偏光サブビームのマトリクスにする偏光デバイスのマトリクスとを含み、前記マトリクスは、それぞれ約 0、45、90 および 135° の偏光配向の 4つの矩象をそれぞれ有するユニットのアレイを含み、さらに、  
前記基板の前記表面から反射した前記放射ビームの前記偏光配向全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムを含む、  
検査装置。

30

【請求項 20】

円偏光の放射ビームを提供し、  
基板の表面で放射ビームを反射し、  
前記放射ビームを偏光デバイスのマトリクスに透過させて、偏光サブビームのマトリクスを生成し、前記マトリクスは、それぞれ約 0、45、90 および 135° の偏光配向の 4つの矩象を有し、さらに、  
前記マトリクスのサブビームを同時に検出する、  
ことを含む基板の特性を測定する方法。

40

【請求項 21】

ソフトウェアを使用して、各偏光配向の前記放射の前記強度を分離することを含む、  
請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

基板の特性を測定するリソグラフィ装置であって、  
放射ビームを供給する光源と、

50

前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記放射ビームの少なくとも4つの部分を4つの異なる偏光配向に偏光する偏光デバイスと、  
 前記放射ビームの前記4つの偏光配向の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィ装置。

【請求項23】

基板の特性を測定するリソグラフィ装置であって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二サブビームに分離するビームスプリッタと、  
 前記第一サブビームを2つの直交偏光サブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
 前記第二サブビームを2つのさらなる直交偏光サブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
 前記基板の前記表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィ装置。

10

【請求項24】

基板の特性を測定するリソグラフィ装置であって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記基板の前記表面から反射したら、前記放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するビームスプリッタと、  
 前記第一サブビームを、それぞれ約0および90°偏光配向の2つのサブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
 前記第一偏光ビームスプリッタに対して約45°回転し、前記第二サブビームを、それぞれ約45および約135°偏光配向の2つのサブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
 前記基板の前記表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィ装置。

20

30

【請求項25】

基板の特性を測定するリソグラフィ装置であって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するビームスプリッタと、  
 それぞれ約0および90°偏光の偏光器配向を使用して、前記第一サブビームを2つのサブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
 前記第二サブビームを約90°回転する半波長板と、  
 それぞれ約45および約135°偏光の配向の偏光器を使用して、前記第二サブビームを、2つのサブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
 前記基板の表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィ装置。

40

【請求項26】

基板の特性を測定するリソグラフィ装置であって、  
 放射ビームを供給する光源と、

50

前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一、第二、第三および第四空間分離サブビームに分離する光学分割要素と、  
 前記第一、第二、第三および第四サブビームを、それぞれ約 0、45、90 および 135° の偏光配向で偏光する 4 つの偏光デバイスと、  
 前記基板の表面から反射した 4 つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィ装置。

【請求項 27】

基板の特性を測定するリソグラフィ装置であって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記放射ビームを偏光して、偏光サブビームのマトリクスにする偏光デバイスの反復マトリクスとを含み、前記マトリクスは、それぞれ約 0、45、90 および 135° の偏光配向の 4 つの矩象をそれぞれ有するユニットのアレイを含み、さらに、  
 前記基板の前記表面から反射した前記偏光放射ビームの角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムを含む、  
 リソグラフィ装置。

10

【請求項 28】

基板の特性を測定するリソグラフィセルであって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板に集光する光学要素と、  
 前記放射ビームの少なくとも 4 つの部分を 4 つの異なる偏光配向に偏光する偏光デバイスと、  
 前記放射ビームの前記 4 つの偏光配向の角度分解スペクトルスペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィセル。

20

【請求項 29】

基板の特性を測定するリソグラフィセルであって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二サブビームに分離するビームスプリッタと、  
 前記第一サブビームを 2 つの直交偏光サブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
 前記第二サブビームを 2 つのさらなる直交偏光サブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
 前記基板の前記表面から反射した 4 つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
 を含むリソグラフィセル。

30

40

【請求項 30】

基板の特性を測定するリソグラフィセルであって、  
 放射ビームを供給する光源と、  
 前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
 前記基板の前記表面から一旦反射した前記放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するビームスプリッタと、  
 前記第一サブビームを、それぞれ約 0 および 90° 偏光の 2 つのサブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
 前記第一偏光ビームスプリッタに対して約 45° 回転し、前記第二サブビームを、それぞれ約 45 および約 135° 偏光の 2 つのサブサブビームに分割する第二偏光ビームスプ

50

リッタと、

前記基板の前記表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含むリソグラフィセル。

【請求項31】

基板の特性を測定するリソグラフィセルであって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
前記基板の前記表面から反射したら、前記放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するビームスプリッタと、  
前記第一サブビームを、それぞれ約0および180°偏光の2つのサブサブビームに分割する第一偏光ビームスプリッタと、  
前記第二サブビームの偏光を約90°回転する半波長板と、  
それぞれ約45および約135°偏光の偏光器配向を使用して、前記第二サブビームを、2つのサブサブビームに分割する第二偏光ビームスプリッタと、  
前記基板の表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含むリソグラフィセル。

10

【請求項32】

基板の特性を測定するリソグラフィセルであって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
前記基板の前記表面から反射したら、前記放射ビームを第一、第二、第三および第四空間分離サブビームに分離する光学分割要素と、  
前記第一、第二、第三および第四サブビームを、それぞれ約0、45、90および135°の偏光配向で偏光する4つの偏光デバイスと、  
前記基板の前記表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムと、  
を含むリソグラフィセル。

20

【請求項33】

基板の特性を測定するリソグラフィセルであって、  
放射ビームを供給する光源と、  
前記放射ビームを基板の表面に集光する光学要素と、  
前記放射ビームを偏光して、偏光サブビームのマトリクスにする偏光デバイスの反復マトリクスとを含み、前記マトリクスは、それぞれ約0、45、90および135°の偏光配向の4つの矩象をそれぞれ有するユニットのアレイを含み、さらに、  
前記基板の前記表面から反射した前記偏光放射ビームの角度分解スペクトルを同時に検出する検出器システムを含む、  
リソグラフィセル。

30

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

[0001] 本発明は、例えばリソグラフィ技術によるデバイスの製造に使用可能な検査方法、および、リソグラフィ技術を使用するデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

[0002] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は例えば、集積回路(IC)の製造に使用可能である。このような場合、代替的にマスクまたはレチクルとも呼ばれるパターンングデバイスを使用して、ICの個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。こ

50

のパターンを、基板（例えばシリコンウェーハ）上のターゲット部分（例えば1つまたは幾つかのダイの一部を備える）に転写することができる。パターンの転写は通常、基板に設けた放射感应性材料（レジスト）の層への結像により行われる。一般的に、1枚の基板は、順次パターンが与えられる網の目状の互いに近接したターゲット部分を含んでいる。従来のリソグラフィ装置は、パターン全体をターゲット部分に1回で露光することによって各ターゲット部分が照射される、いわゆるステップと、基板を所定の方向（「スキャン」方向）と平行あるいは逆平行にスキャンしながら、パターンを所定の方向（「スキャン」方向）に放射ビームでスキャンすることにより、各ターゲット部分が照射される、いわゆるスキナとを具備している。パターンを基板にインプリントすることによっても、パターンングデバイスから基板へとパターンを転写することが可能である。

10

**【0003】**

[0003] リソグラフィプロセスを監視するために、パターンを与えられた基板のパラメータ、例えば基板中または基板上に形成された連続する層間のオーバレイエラーなどを測定することが望ましい。リソグラフィプロセスで形成される顕微鏡的構造を測定するには、走査電子顕微鏡および様々な専門的ツールを使用することを含めて、様々な技術がある。専門的検査ツールの1つの形態は、放射のビームを基板の表面上のターゲットに誘導し、散乱または反射したビームの1つまたは複数の特性を測定するスカトロメータである。基板による反射または散乱の前および後にビームの特性を比較することにより、基板の特性を求めることができる。これは、例えば反射したビームを、既知の基板特性に関連する既知の測定値のライブラリに記憶されているデータと比較することによって実行することができる。スカトロメータは2つの主なタイプが知られている。分光器スカトロメータは、広帯域放射ビームを基板に誘導し、特定の狭い角度範囲に散乱した放射のスペクトル（波長の関数としての強度）を測定する。角度分解スカトロメータは、角度の関数として散乱放射の強度を測定する。

20

**【0004】**

[0004] 先行技術は、直交偏光ビームの特定のパラメータを測定できるようにする楕円偏光システムについて説明している。図4は、先行技術に基づく楕円偏光センサ（または楕円偏光計）の例を示す。放射源Pからの照明放射が、基板Wのターゲット部分の構造30で反射し、基板からの戻り行程でセンサ内に存在する3つのビームスプリッタの2つの固有偏光のうち1つに沿って直線偏光される（図4に示すように、xまたはy方向に対する固有偏光）。第一ビームスプリッタ80は、照明の一部を結像分岐に送り、第二ビームスプリッタは、照明の一部を焦点分岐に送り、第三ビームスプリッタN-PBSは、ビームの一部をカメラCCDに誘導する非偏光ビームスプリッタである。非偏光ビームスプリッタN-PBSを通過した偏光ビームは、位相変調器90を通過し、ここでその通常軸線と異常軸線は、xおよびy方向に対して45°に配置されている。その後、ビームは、ウォラストンプリズム50を使用して個々のx偏光方向とy偏光方向に分割され、カメラCCDに入射する。偏光したビームの相対強度を使用して、ビームの様々な部分の相対偏光方向を求める。相対偏光方向から、構造30がビームに及ぼす影響を求めることができる。構造30がビームに及ぼす影響から、構造自体の特性を求めることができる。

30

**【0005】**

[0005] 参照により全体が本明細書に組み込まれる米国特許US5,880,838号（Marxその他）も、楕円偏光計を使用した基板上の構造の測定について説明し、ここで測定システムは偏光矩象測定（PQM）と呼ばれている。この文書は、（TEおよびTMフィールドを有する）偏光ビームを構造に集光することについて説明している。TMおよびTEフィールドは、構造からの回折から様々な影響を受ける。TEフィールドは、TMフィールドの位相および振幅の変化を分析する基準として使用することができる。TEとTMフィールドの位相と振幅の関係は、構造の構造的パラメータ（例えば穴の深さまたは回折格子バーの高さまたは回折格子のピッチ）に依存する。したがって、この関係を測定することによって、構造的パラメータを求めることができる。

40

**【0006】**

50

[0006] 通常、楕円偏光法は、散乱した光の偏光状態を測定することである。楕円偏光法は、2つのパラメータ、つまり2つの異なる偏光状態のビームの位相差 ( ) および2つの偏光ビームの振幅比 (  $\tan$  ) を測定する。これら2つのパラメータで、純粋偏光ビームの任意の偏光状態を記述することができる。

【0007】

[0007] 特に、入射ビームが s 偏光と p 偏光の両方を有する場合、反射ビームは反射係数  $R_p$  および  $R_s$  を有する。各偏光方向の複素振幅は  $E_p$  および  $E_s$  で表され、それぞれ  $R_p \cdot p$  および  $R_s \cdot s$  として計算される ( 反射ビームのみを考慮する場合、複素振幅の虚数部分は無視できる ) 。

【0008】

[0008] (  $\Delta$  ) は、下式 ( 1 ) で与えられるように、複素振幅  $E_p$  と  $E_s$  との位相差である。

【0009】

[0009] 受け取ったビームの強度は、相対偏光の角度を考慮して、振幅の合計に比例する。例えば、 $E_p$  および  $E_s$  両方の偏光が同じ方向にて整列している場合、受け取ったビームの強度は最大になる。2つの振幅が直交配向にある場合、これは相互に打ち消し合い、強度は最低になる。2つの偏光方向 ( または配向 ) 間の角度は  $\theta$  であり、したがって  $\Delta$  と  $E_p$  と  $E_s$  との関係は、以下の式 ( 2 ) の通りである。

【0010】

$$[0010] \quad \Delta = \arg ( E_p - E_s ) \quad ( 1 )$$

【0011】

$$[0011] \quad \tan \theta = E_p / E_s \quad ( 2 )$$

【0012】

[0012] ここで、

【0013】

$$[0013] \quad E_p = R_p \cdot p \quad ( 3 )$$

【0014】

$$[0014] \quad E_s = R_s \cdot s \quad ( 4 )$$

である。

【0015】

[0015] 図5は、これらの2つのパラメータの関係を示す。特に、図5は、位相変調器によって与えられた s と p との位相差の関数として、1ピクセル内の強度変動を示す。I はビームの強度であり、P は  $E_p$  および  $E_s$  の全体的偏光である。2つの振幅が同じ ( つまり  $E_p = E_s$  および  $\theta = 45^\circ$  ) であると仮定すると、全体的ビームの強度は、偏光方向が相互に打ち消し合うので、点 x で最低になる。点 y で強度は最高になり、偏光方向が整列していることを示す。

【0016】

[0016] 図5に示す全体的強度は変調され、( 同じである ) 振幅がある程度相互に打ち消し合い、したがって ( 位相変調器によって規定されるように ) 相応して変化するにつれて、2つのビームの相対位相を監視できることを実証する。

【0017】

[0017] 位相変調器を組み込んだ図4に示すようなシステムでの問題は、位相変調器 ( または移相器 ) が、以下で挙げるような特定の欠点を有することである。

【0018】

[0018] 1 . これらの位相シフトに不正確さがあると、 $\Delta$  が同じく不正確になるので、光に適用される位相シフトを、正確に知る必要がある。構造を正確に求めるために、強度と位相との関係が明らかでなければならない。

【0019】

[0019] 2 . 位相変調器は波長に依存する。つまり、位相変調器は、使用される波長毎に再較正しなければならない。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 0 】

[0020] 3. 位相変調器では、2つ以上の位相シフトを特定の波長の各光ビームに適用する。様々にシフトしたビームの強度を、シフト毎に再測定しなければならず、長い時間がかかる。

## 【 発明の開示 】

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 2 1 】

[0021] 構造から回折したビームの位相差および振幅を、複数の範囲の波長を有する既知の位相変調器の欠点がない状態で測定できるように、スキャトロメータの楕円偏光法の機能を提供することが望ましい。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 2 2 】

[0022] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定するように構成され、放射ビームを供給するように構成された光源と、放射ビームを基板に集光するように構成された光学要素と、放射ビームの少なくとも4つの部分を4つの異なる偏光配向に偏光するように構成された偏光デバイスと、放射ビームの4つの偏光配向の角度分解スペクトルスペクトルを同時に検出するように構成された検出器システムとを含む検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルが提供される。

## 【 0 0 2 3 】

[0023] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定するように構成された検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルが提供され、検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルは、放射ビームを供給するように構成された光源と、放射ビームを基板に集光するように構成された光学要素と、基板の表面から反射したら、放射ビームを第一および第二サブビームに分離するように構成されたビームスプリッタと、第一サブビームを2つの直交偏光サブサブビームに分割するように構成された第一偏光ビームスプリッタと、第二サブビームを2つのさらなる直交偏光サブサブビームに分割するように構成された第二偏光ビームスプリッタと、基板の表面から反射した4つのサブサブビームの角度分解スペクトルを同時に検出するように構成された検出器システムと、を含む。

## 【 0 0 2 4 】

[0024] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定するように構成された検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルが提供され、検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルは、放射ビームを供給するように構成された光源と、放射ビームを基板に集光するように構成された光学要素と、基板の表面から反射したら、放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するように構成されたビームスプリッタと、第一サブビームを、それぞれ約0および90°偏光の2つのサブサブビームに分割するように構成された第一偏光ビームスプリッタと、第一偏光ビームスプリッタに対して約45°回転し、第二サブビームを、それぞれ約45および約135°偏光の2つのサブサブビームに分割するように構成された第二偏光ビームスプリッタと、基板の表面から反射した4つのサブサブビームの角度分解スペクトルを同時に検出するように構成された検出器システムと、を含む。

## 【 0 0 2 5 】

[0025] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定する方法が提供され、方法は、楕円偏光の放射ビームを提供し、基板の表面で放射ビームを反射し、反射したビームを第一および第二直交偏光サブビームに分割し、第一サブビームを、それぞれ約0および約90°偏光の第一および第二サブサブビームに分割し、第二サブビームを、それぞれ約45および約135°偏光の2つのサブサブビームに分割し、4つのサブサブビーム全部を同時に検出することを含む。

## 【 0 0 2 6 】

[0026] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定するように構成された検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルが提供され、検査装置、リソグラフィ装置また

10

20

30

40

50

はリソグラフィセルは、放射ビームを供給するように構成された光源と、放射ビームを基板に集光するように構成された光学要素と、基板の表面から反射したら、放射ビームを第一および第二直交偏光サブビームに分離するように構成されたビームスプリッタと、約0および90°の偏光器配向を使用して、第一サブビームを、それぞれ約0および180°位相シフトの2つのサブサブビームに分割するように構成された第一偏光ビームスプリッタと、約22.5°に配向され、第二サブビームの偏光を約45°回転するように構成された半波長板と、それぞれ約45および約135°の配向の偏光器を使用して、第二サブビームを、それぞれ約0および約180°位相シフトの2つのサブサブビームに分割するように構成された第二偏光ビームスプリッタと、基板の表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出するように構成された検出器システムと、を含む。

10

## 【0027】

[0027] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定する方法が提供され、方法は、円偏光の放射ビームを提供し、基板の表面で放射ビームを反射し、反射したビームを第一および第二直交偏光サブビームに分割し、それぞれ約0および90°の配向の偏光器を使用して、第一サブビームを、それぞれ約0および約180°の位相シフトの第一および第二サブサブビームに分割し、第二サブビームの偏光を約90°回転し、それぞれ約45および135°に配向された偏光器を使用して、第二サブビームを、それぞれ約0および約180°の位相シフトの第三および第四サブサブビームに分割し、4つのサブサブビーム全部を同時に検出することを含む。

20

## 【0028】

[0028] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定するように構成された検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルが提供され、検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルは、放射ビームを供給するように構成された光源と、放射ビームを基板に集光するように構成された光学要素と、基板の表面から反射したら、放射ビームを第一、第二、第三および第四空間分離サブビームに分離するように構成された光学分割要素と、第一、第二、第三および第四サブビームを、それぞれ約0、45、90および135°の偏光配向で偏光するように構成された4つの偏光デバイスと、基板の表面から反射した4つのサブサブビーム全部の角度分解スペクトルを同時に検出するように構成された検出器システムと、を含む。

30

## 【0029】

[0029] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定する方法が提供され、方法は、円偏光の放射ビームを提供し、基板の表面で放射ビームを反射し、反射したビームを4つのサブビームに分割し、4つのサブビームを4つの異なる配向の偏光デバイスに透過させて、それぞれ約0、45、90および135°の偏光配向の4つの偏光ビームを生成し、4つのサブサブビーム全部を同時に検出することを含む。

## 【0030】

[0030] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定するように構成された検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルが提供され、検査装置、リソグラフィ装置またはリソグラフィセルは、放射ビームを供給するように構成された光源と、放射ビームを基板に集光するように構成された光学要素と、放射ビームを偏光して、偏光サブビームのマトリクスにするように構成された偏光デバイスのマトリクスとを含み、マトリクスは、それぞれ約0、45、90および135°の偏光配向の4つの矩象をそれぞれ有するユニットのレイを含み、さらに、基板の表面から反射した放射ビームの偏光配向全部の角度分解スペクトルを同時に検出するように構成された検出器システムを含む。

40

## 【0031】

[0031] 本発明の実施形態によれば、基板の特性を測定する方法が提供され、方法は、円偏光の放射ビームを提供し、基板の表面で放射ビームを反射し、放射ビームを偏光デバイスのマトリクスに透過させて、偏光サブビームのマトリクスを生成し、マトリクスは、それぞれ約0、45、90および135°の偏光の4つの矩象を有し、さらに、4つのサブ

50

サブビーム全部を同時に検出することを含む。

【 0 0 3 2 】

[0032] 次に、本発明の実施形態を添付の略図を参照しながら、ほんの一例として説明する。図面では対応する参照記号は対応する部品を示している。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 3 3 】

[0044] 図 1 a は、リソグラフィ装置を概略的に示したものである。この装置は、放射ビーム B (例えば UV 放射または EUV 放射) を調節するように構成された照明システム (イルミネータ) IL と、パターンングデバイス (例えばマスク) MA を支持するように構成され、特定のパラメータに従ってパターンングデバイスを正確に位置決めするように構成された第一位置決め装置 PM に接続された支持構造体 (例えばマスクテーブル) MT と、基板 (例えばレジストコートウェーハ) W を保持するように構成され、特定のパラメータに従って基板を正確に位置決めするように構成された第二位置決め装置 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、パターンングデバイス MA によって放射ビーム B に与えられたパターンを基板 W のターゲット部分 C (例えば 1 つまたは複数のダイを含む) に投影するように構成された投影システム (例えば屈折投影レンズシステム) PL とを含む。

10

【 0 0 3 4 】

[0045] 照明システムは、放射の誘導、成形、または制御を行うための、屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型等の光学コンポーネント、またはその任意の組合せなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。

20

【 0 0 3 5 】

[0046] 支持構造体は、パターンングデバイスを支持、つまりその重量を支えている。該マスク支持構造体は、パターンングデバイスの方向、リソグラフィ装置の設計等の条件、例えばパターンングデバイスが真空環境で保持されているか否かに応じた方法で、パターンングデバイスを保持する。この支持構造体は、パターンングデバイスを保持するために、機械的、真空、静電気等のクランプ技術を使用することができる。支持構造体は、例えばフレームまたはテーブルでよく、必要に応じて固定式または可動式でよい。支持構造体は、パターンングデバイスが例えば投影システムなどに対して確実に所望の位置にくるようにできる。本明細書において「レチクル」または「マスク」という用語を使用した場合、その用語は、より一般的な用語である「パターンングデバイス」と同義と見なすことができる。

30

【 0 0 3 6 】

[0047] 本明細書において使用する「パターンングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。ここで、放射ビームに与えられるパターンは、例えばパターンが位相シフトフィーチャまたはいわゆるアシストフィーチャを含む場合、基板のターゲット部分における所望のパターンに正確には対応しないことがある点に留意されたい。一般的に、放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特別な機能層に相当する。

40

【 0 0 3 7 】

[0048] パターンングデバイスは透過性または反射性でよい。パターンングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブル LCD パネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、バイナリマスク、レベンソン型 (Alternating) 位相シフトマスク、ハーフトーン型 (attenuated) 位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小さなミラーのマトリクス配列を使用し、そのミラーは各々、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを与える。

50

## 【 0 0 3 8 】

[0049] 本明細書において使用する「投影システム」という用語は、例えば使用する露光放射、または液浸液の使用や真空の使用などの他の要因に合わせて適宜、例えば屈折光学システム、反射光学システム、反射屈折光学システム、磁気光学システム、電磁気光学システムおよび静電気光学システム、またはその任意の組合せを含む任意のタイプの投影システムを網羅するものとして広義に解釈されるべきである。本明細書において「投影レンズ」という用語を使用した場合、これはさらに一般的な「投影システム」という用語と同義と見なされる。

## 【 0 0 3 9 】

[0050] ここに示している本装置は透過タイプである（例えば透過マスクを使用する）。あるいは、装置は反射タイプでもよい（例えば上記で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイを使用する、または反射マスクを使用する）。

10

## 【 0 0 4 0 】

[0051] リソグラフィ装置は2つ（デュアルステージ）またはそれ以上の基板テーブル（および/または2つ以上のマスクテーブル）を有するタイプでよい。このような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルを並行して使用するか、1つまたは複数の他のテーブルを露光に使用している間に1つまたは複数のテーブルで予備工程を実行することができる。

## 【 0 0 4 1 】

[0052] リソグラフィ装置は、投影システムと基板との間の空間を充填するように、基板の少なくとも一部を水などの比較的高い屈折率を有する液体で覆えるタイプでもよい。液浸液は、例えばパターンングデバイス（マスク）と投影システムの間など、リソグラフィ装置の他の空間に使用してもよい。液浸技術は、投影システムの開口数を増加させるために当技術分野で周知である。本明細書で使用する「液浸」という用語は、基板などの構造体を液体に沈めなければならないという意味ではなく、露光中に投影システムと基板の間に液体が存在するというほどの意味である。

20

## 【 0 0 4 2 】

[0053] 図1a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る。放射源とリソグラフィ装置とは、例えば放射源がエキシマレーザである場合に、それぞれ別々の構成要素であってもよい。このような場合、放射源はリソグラフィ装置の一部を形成すると見なされず、放射ビームは、例えば適切な誘導ミラーおよび/またはビームエクスパンダなどを備えるビームデリバリシステムBDの助けにより、放射源SOからイルミネータILへと渡される。他の事例では、例えば放射源が水銀ランプの場合は、放射源がリソグラフィ装置の一体部分であってもよい。放射源SOおよびイルミネータILは、必要に応じてビームデリバリシステムBDとともに放射システムと呼ぶことができる。

30

## 【 0 0 4 3 】

[0054] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調節するアジャスタADを備えていてもよい。通常、イルミネータの瞳面における強度分布の外側および/または内側半径範囲（一般にそれぞれ、 $\theta$ -outerおよび $\theta$ -innerと呼ばれる）を調節することができる。また、イルミネータILは、インテグレートINおよびコンデンサCOなどの他の種々のコンポーネントを備えていてもよい。イルミネータを用いて放射ビームを調整し、その断面にわたって所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

40

## 【 0 0 4 4 】

[0055] 放射ビームBは、支持構造体（例えばマスクテーブルMT）上に保持されたパターンングデバイス（例えばマスクMA）に入射し、パターンングデバイスによってパターンが与えられる。放射ビームBはマスクMAを通り抜けて、基板Wのターゲット部分C上にビームを集光する投影システムPLを通過する。第二位置決め装置PWおよび位置センサIF（例えば干渉計デバイス、リニアエンコーダ、2次元エンコーダまたは容量センサ）の助けにより、基板テーブルWTを、例えば放射ビームBの経路において様々なターゲット部分Cに位置決めするように正確に移動できる。同様に、第一位置決め装置PMおよ

50

び別の位置センサ（図 1 a には明示されていない）を使用して、例えばマスクライブラリから機械的に検索した後に、またはスキャン中に、放射ビーム B の経路に対してマスク M A を正確に位置決めすることができる。一般的に、マスクテーブル M T の移動は、第一位置決めデバイス P M の部分を形成するロングストロークモジュール（粗動位置決め）およびショートストロークモジュール（微動位置決め）を用いて実現できる。同様に、基板テーブル W T の移動は、第二位置決め装置 P W の部分を形成するロングストロークモジュールおよびショートストロークモジュールの助けにより実現できる。ステッパの場合（スキャナとは対照的に）、マスクテーブル M T をショートストロークアクチュエータのみに接続するか、固定してもよい。マスク M A および基板 W は、マスクアラインメントマーク M 1、M 2 および基板アラインメントマーク P 1、P 2 を使用して位置合わせすることができる。図示のような基板アラインメントマークは、専用のターゲット位置を占有するが、ターゲット部分の間の空間に配置してもよい（スクライプレンアラインメントマークと呼ばれる）。同様に、マスク M A 上に複数のダイを設ける状況では、マスクアラインメントマークをダイ間に配置してもよい。

【 0 0 4 5 】

[0056] 図示のリソグラフィ装置は以下のモードのうち少なくとも 1 つにて使用可能である。

【 0 0 4 6 】

[0057] 1 . ステップモードにおいては、マスクテーブル M T および基板テーブル W T は、基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームに与えたパターン全体が 1 回でターゲット部分 C に投影される（すなわち 1 回の静止露光）。次に、別のターゲット部分 C を露光できるように、基板テーブル W T が X 方向および / または Y 方向に移動される。ステップモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、1 回の静止露光で像が形成されるターゲット部分 C のサイズが制限される。

【 0 0 4 7 】

[0058] 2 . スキャンモードにおいては、マスクテーブル M T および基板テーブル W T は同期的にスキャンされる一方、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分 C に投影する（つまり 1 回の動的露光）。マスクテーブル M T に対する基板テーブル W T の速度および方向は、投影システム P L の拡大（縮小）および像反転特性によって求めることができる。スキャンモードでは、露光フィールドの最大サイズによって、1 回の動的露光におけるターゲット部分の（非スキャン方向における）幅が制限され、スキャン動作の長さによってターゲット部分の（スキャン方向における）高さが決まる。

【 0 0 4 8 】

[0059] 3 . 別のモードでは、マスクテーブル M T はプログラマブルパターンングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブル W T を移動またはスキャンさせながら、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分 C に投影する。このモードでは、一般にパルス状放射源を使用して、基板テーブル W T を移動させる毎に、またはスキャン中に連続する放射パルスの間で、プログラマブルパターンングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターンングデバイスを使用するマスクなしリソグラフィに容易に利用できる。

【 0 0 4 9 】

[0060] 上述した使用モードの組合せおよび / または変形、または全く異なる使用モードも利用できる。

【 0 0 5 0 】

[0061] 図 1 b に示すように、リソグラフィ装置 L A は、リソセルまたはクラスタと呼ばれることもあるリソグラフィセル L C の一部を形成し、これは基板で露光前および露光後プロセスを実行する装置も含む。従来、これらは、レジスト層を堆積させるスピニングコート S C、露光したレジストを現像する現像器 D E、チルプレート C H およびベークプレート B K を含む。基板ハンドラ、つまりロボット R O は、入出力ポート I / O 1、I / O 2 か

10

20

30

40

50

ら基板を取り上げ、これを異なるプロセス装置間で移動させ、これをリソグラフィ装置の装填ベイLBへと送出する。これらの装置は、往々にしてまとめてトラックと呼ばれ、トラック制御ユニットTCUの制御下であり、これ自体が監視制御システムSCSに制御され、これはリソグラフィ制御ユニットLACUを介してリソグラフィ装置も制御する。したがって、様々な装置を操作して、スループットおよび処理効率を最大限にすることができる。

#### 【0051】

[0062] リソグラフィ装置によって露光する基板を正確かつ一貫して露光するために、露光した基板を検査して、引き続き層間のオーバーレイエラー、線の太さ、CDなどの特性を測定することが望ましい。エラーが検出された場合は、特に同じバッチの他の基板をまだ露光するのに十分なほど即座に、かつ迅速に検査を実行できる場合、引き続き基板の露光を調節することができる。また、既に露光した基板を（歩留まりを改善するために）取り除いて再加工するか、廃棄し、それによって欠陥があることが分かっている基板での露光の実行を回避することができる。基板の一部のターゲット部分のみに欠陥がある場合は、良好であるターゲット部分のみで、さらなる露光を実行することができる。

10

#### 【0052】

[0063] 検査装置を使用して、基板の1つまたは複数の特性を、特に異なる基板または同じ基板の異なる層で、1つまたは複数の特性が層毎に、および基板全体でいかに異なるかを求める。検査装置は、リソグラフィ装置LAまたはリソセルLCに組み込むか、独立式器具でよい。最も迅速な測定を可能にするために、検査装置は、露光直後に露光したレジスト層で特性を測定することが望ましい。しかし、レジストの潜像はコントラストが非常に低く、放射で露光したレジストの部分と露光していない部分とは、屈折率に非常に小さい差しかなく、全ての検査装置が、潜像を有効に測定するほど十分な感度を有するわけではない。したがって、習慣的に露光した基板で実行する最初のステップであり、レジストの露光部分と非露光部分とのコントラストを向上させる露光後ベークステップ（PEB）の後に、測定を実行することができる。この段階で、レジスト内の像を半潜在性と言うことができる。レジストの露光部分または非露光部分が除去されているポイントで、またはエッチングなどのパターン転写ステップの後に、現像したレジスト像を測定することも可能である。後者の可能性は、欠陥がある基板を再加工する可能性を制限するが、それでも例えばプロセス制御の目的などに有用な情報を提供することができる。

20

30

#### 【0053】

[0064] 図2は、本発明の実施形態によるスカトロメータを示す。これは基板6に放射を投影する広帯域（白色光）放射プロジェクト2を備える。反射した放射は分光検出器4へと渡され、これは鏡面反射した放射のスペクトル10（波長の関数としての強度）を測定する。このデータから、検出したスペクトルを生じさせる構造または輪郭を、処理ユニットPUによって、例えば厳密結合波分析および非線形回帰によって、または図2の底部に示すようにシミュレーションしたスペクトルのライブラリとの比較によって再構成することができる。概して、再構築するためには、構造の全体的形態が知られ、幾つかのパラメータは、構造を作成したプロセスの知識から想定され、構造の幾つかのパラメータのみが、スカトロメータ測定データから求めるように残されている。このようなスカトロメータは、垂直入射スカトロメータまたは斜め入射スカトロメータとして構成することができる。

40

#### 【0054】

[0065] 本発明の実施形態で使用できる別のスカトロメータが、図3に図示されている。このデバイスでは、放射源2によって放出された放射は、レンズシステム12を使用して干渉フィルタ13および偏光器17を通して集光され、部分反射表面16によって反射し、好ましくは少なくとも0.9、さらに好ましくは少なくとも0.95という高い開口数（NA）を有する顕微鏡の対物レンズ15を介して基板Wに集光される。液浸スカトロメータは、開口数が1を超えるレンズを有してもよい。反射した放射は、次に部分反射表面16を通過して、散乱スペクトルを検出するために検出器18に入る。検出器は、逆

50

投影された瞳面 11 に配置することができ、これはレンズシステム 15 の焦点距離にあるが、瞳面は、補助光学系（図示せず）で検出器へと再結像することができる。瞳面は、放射の半径方向位置が入射角度を規定し、角度位置が放射の方位角を規定する面である。検出器は、基板ターゲットの 2 次元角度散乱スペクトルを測定できるように、2 次元検出器であることが好ましい。検出器 18 は、例えば CCD または CMOS センサのアレイでよく、例えば 1 フレーム当たり 40 ミリ秒という積分時間を使用することができる。

【0055】

[0066] 基準ビームは、例えば入射放射の強度を測定するために使用されることが多い。それを実行するには、放射ビームがビームスプリッタ 16 に入射すると、その一部が基準ビームとして基準ミラー 14 に向かってビームスプリッタを透過する。次に、基準ビームを同じ検出器 18 の異なる部分に投影する。

10

【0056】

[0067] 例えば 405 ~ 790 nm の範囲、または 200 ~ 300 nm などのさらに低い範囲で対象の波長を選択するために、1 セットの干渉フィルタ 13 が使用可能である。干渉フィルタは、1 セットの様々なフィルタを備えるのではなく、調整可能でもよい。干渉フィルタの代わりに、回折格子を使用することもできる。

【0057】

[0068] 検出器 18 は、1 つの波長（または狭い波長範囲）で散乱光の強度を測定するか、複数の波長で別個に強度を測定するか、ある波長の範囲にわたって積分した強度を測定することができる。さらに、検出器は、TM (transverse magnetic) および TE (transverse electric) 分極光の強度および / または TM 分極光と TE 分極光の間の位相差を別個に測定することができる。

20

【0058】

[0069] 広帯域光源（つまり光の周波数または波長が、したがって色の範囲が広い光源）の使用が可能であり、これは大きいエタンデュを与え、複数波長の混合を可能にする。広帯域の複数の波長は、それぞれ の帯域幅および少なくとも 2 の間隔（つまり波長の 2 倍）を有することが好ましい。幾つかの放射「源」は、ファイバ束を使用して分割されている拡張放射源の異なる部分でよい。この方法で、角度分解した散乱スペクトルを複数の波長にて並列で測定することができる。3 次元スペクトル（波長および 2 つの異なる角度）を測定することができ、これは 2 次元スペクトルより多くの情報を含む。これによって、より多くの情報を測定することができ、これは測定プロセスの堅牢性を向上させる。これについては、参照により全体が本明細書に組み込まれる欧州特許 EP 1, 628, 164 A 号にさらに詳細に記載されている。

30

【0059】

[0070] 基板 W 上のターゲットは回折格子でよく、これは現像後に、レジスト実線でバーが形成されるように印刷される。あるいは、バーを基板にエッチングすることができる。このパターンは、リソグラフィ投影装置、特に投影システム PL の色収差に影響されやすく、照明の対称性、およびこのような収差の存在は、印刷された回折格子の変動に現れる。したがって、回折格子を再構築するために、印刷された回折格子のスカトロメータ測定データが使用される。線の幅および形状などの回折格子のパラメータを、印刷ステップおよび / または他のスカトロメータ測定プロセスの知識から、再構築プロセスに入力し、処理ユニット PU によって実行することができる。

40

【0060】

[0071] 以上で検討したように、基板上の構造の形状および他のパラメータを求めるために、楕円偏光計を使用することができる。これを実行する方法は、図 4 に示すように、入射ビームを基板 W で反射させることであり、この入射ビームは構造 30 で反射する。反射したビームは、顕微鏡の対物レンズ 24 を通過し、非偏光ビームスプリッタ N - PBS および集光レンズ（または他の光学系）を通過してカメラ CCD に入る。

【0061】

[0072] 以上で検討した先行技術では、ビームはさらなるビームスプリッタ 50 によって

50

分割され、カメラ CCD へと誘導される。このポイントで、ビームは TM (transverse magnetic) 偏光ビームまたは TE (transverse electric) 偏光ビームである。TM (または p) 方向での偏光はビームの入射面に平行であり、磁界 (M) は入射面に直角である。TE (または s) ビームは入射面に直角であり、電界 (E) はビームの入射面に平行である。瞳面 PP における偏光の方向が、図 4 に図示されている。

【 0 0 6 2 】

[0073] 図 4 は、非偏光ビームスプリッタ N - P B S と、偏光ビームをカメラ CCD へと透過する前に偏光ビームを分離するビームスプリッタ 5 0 との間に配置された位相変調器 9 0 も示す。位相変調器 9 0 の異常軸線および通常軸線に沿って配向された e o 座標系も、円として図 4 に図示され、システムの y および x 軸線と比較した異常および通常軸線の相対位置を示す。E<sub>o</sub> および E<sub>e</sub> は、それぞれ e 方向および o 方向に沿った散乱フィールドの未知の複素振幅である。この従来通りのシステムでは、システムが構造 3 0 のパラメータを求めることができるのは、位相変調器によって予め規定された変化位相と比較したこの振幅のせいである。

10

【 0 0 6 3 】

[0074] 位相変調器を削除するために、幾つかの実施形態が想定される。その実施形態が共通して有するフィーチャは、各サブビームの測定強度から、4 つの既知の偏光の振幅および位相の差を測定するために、単一の入射ビームから 4 つの異なる偏光の反射サブビームを取得するものである。

【 0 0 6 4 】

[0075] 図 7 は、本発明の実施形態による楕円偏光計を示す。図 2 または図 3 に示したようなスカトロメータの基本的構成が使用されている。顕微鏡対物レンズ 2 4 が、基板 W 上に存在する構造 3 0 から反射したビームを受ける。入射ビームは、構造 3 0 で反射する前に顕微鏡対物レンズを通過しているか、他の手段を使用して集光させておくことができる。反射ビームは、入射角の範囲 (通常は 0 から 8 0 ° であるが、言うまでもなく、生じ得る任意の入射角が想定される) にわたって構造 3 0 からの反射が測定される。入射ビームは、反射して、全ての方位角 (0 から 3 6 0 °) についても測定される。入射角ばかりでなく、全ての方位角について反射ビームを測定可能にするために、入射ビームは直線ではなく円であり、これによって全ての方向の偏光が可能になり、反射中にビームの一部が失われる危険性が低下する。

20

30

【 0 0 6 5 】

[0076] 各測定の入射光は、波長が固定され、既知の偏光状態を有する。以上で説明したように、複数の入射角 (約 0 ~ 8 0 °) および全ての方位角 (0 ~ 3 6 0 °) で、同じ波長および偏光状態が想定される。戻るか反射する光ビームは、偏光状態が異なる無限数の光線で構成される。

【 0 0 6 6 】

[0077] 楕円偏光法は、p 偏光成分の反射率を s 偏光成分と比較する。0 および 9 0 ° の方位で直線偏光を使用する場合、1 つの偏光状態からの情報は測定可能であるが、他の偏光状態からの情報は失われてしまう。したがって、直線偏光での楕円偏光法は、ほぼ 4 5 ° および 1 3 5 ° の方位で最もよく働く。上述したように、この異常性を取り除く 1 つの方法は、円光または楕円光を使用することである。

40

【 0 0 6 7 】

[0078] 図 7 は、楕円偏光され、非偏光ビームスプリッタ N - P B S に入り、ここで光の約 5 0 % が透過し、5 0 % が偏向する (しかし、ビームスプリッタは、様々なパーセンテージの入射放射を透過し、偏向させるように製造することができる) 組合せ光ビームを示す。透過ビームの楕円偏光測定ビームは、偏光ビームスプリッタ 3 2 (例えばウォラストンプリズム) およびプリズム 3 6 の助けで、x および y 偏光成分 I<sub>1</sub> および I<sub>2</sub> のエネルギーを分離することによって測定される。これは、先行技術の直交偏光サブビームを生成する。しかし、構造から反射したビームの状態の全体像を描くよう比較するために、偏光の位相を変更しなければならない。位相変調器の使用を回避するために、非偏光ビームスプリ

50

ッタ N - P B S によって分割されているビームの他の半分を、同様の方法で、さらなるビームスプリッタ 3 4 内でサブサブビーム  $I_3$  および  $I_4$  に分離することによって分析する。 $I_1$  および  $I_2$  とは異なるさらなる変更を有する必要があるさらなるサブサブビームを取得するために、第二ビームスプリッタ 3 4 を、個々の縦軸に沿って第一ビームスプリッタ 3 2 に対して  $45^\circ$  回転する。次に、ビーム  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  および  $I_4$  を C C D カメラに集光する。楕円偏光測定データ および  $\tan$  は、単純な角度測定によって取得することができ、これは初期入射ビームの偏光状態に依存する。

【 0 0 6 8 】

[0079] 楕円偏光ビームは、図 6 に示すような 4 つの測定強度の 1 セットによって再構築することができる。全体的強度  $I$  が、下式で与えられた場合、

【 0 0 6 9 】

[0080]

【 数 1 】

$$I = 1 + a \cos(2A) + b \sin(2A) \quad (5)$$

【 0 0 7 0 】

[0081] ここで、フーリエ係数は以下の通りであり、

【 0 0 7 1 】

[0082]

【 数 2 】

$$a = \left( \frac{I_1 - I_2}{I_1 + I_2} \right) \quad (6)$$

【 0 0 7 2 】

[0083] および

【 0 0 7 3 】

[0084]

【 数 3 】

$$b = \left( \frac{I_3 - I_4}{I_3 + I_4} \right) \quad (7)$$

【 0 0 7 4 】

[0085]  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  および  $I_4$  の既知の値について、楕円偏光ビームが再構築される。(図 5 に示すように) 楕円偏光ビームの強度と個々の成分の振幅との関係を適用すると、以上の式 (1) および (2) に入力できる振幅が与えられる。したがって、再構築されたビームは、位相差 ( ) および相対振幅のアラインメント (  $\tan$  ) を与え、したがって構造 3 0 のパラメータが生じる。

【 0 0 7 5 】

[0086] 専用の C C D カメラで、4 つの瞳を測定する。測定時間の損失がないように、これらの強度を同時に測定する。これで、レーザなどのパルス状光源を使用する可能性が開かれる。位相変調器がないので、図 7 のスキャトロメータは、基本的に使用される波長に依存しない。変更ビームスプリッタによって引き起こされる誤差は、容易に較正される。入射角および方位角に依存しないからである。ウォラストンプリズム (またはグラントンプリズムなどの他のカルサイトプリズム) を使用することの利点は、大きい波長帯にわたって高い偏光消光率が得られることである。

【 0 0 7 6 】

[0087] 図 8 から図 1 0 の装置は、照明ビームの路に、主軸が  $45^\circ$  に配向された  $1/4$  波長板で設定することができる。その結果、円 (楕円) 偏光の照明ビームになる。あるいは、この  $1/4$  波長板を省略することができる。その結果、直線偏光照明になり、これも同じ配向を有することができるが、どの配向も失われないことを保証するために、幾つかの測定の必要が生じる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 7 7 】

[0088] 図 8 から図 10 の装置は、以上の図 7 の装置と同じ 4 つの像を生成し、したがって元のビームの振幅および位相を再構築するために、図 7 の装置と同じ方法で強度  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  および  $I_4$  を使用する。次に、これらの値を同じ方法で使用して、楕円偏光計のパラメータ および を求める。これらの実施形態の全てで、放射の結像は瞳面で行われ、CCD またはカメラ平面は、顕微鏡対物レンズの瞳面の共役面である。したがって、カメラは対物レンズの瞳面を結像する。実施形態の全てで、全ての偏光器は直線偏光器であることが好ましい。

## 【 0 0 7 8 】

[0089] 図 8 は、放射源 P で開始する照明分岐が、直線偏光器 40 および 1/4 波長板 42 (つまり直線偏光器 40 に対して約 45° 回転したもの) を通して放射ビームを透過させ、したがって円偏光を生成するさらなる実施形態を示す。次に、光は、基板 W 上で検査される構造 30 に入射し、次に検出分岐 (図 8 では照明分岐と一直線上にあるように図示) へと反射する。

10

## 【 0 0 7 9 】

[0090] 検出分岐は、光をビームスプリッタ BS へと伝搬させ、これはビームの (約) 半分をサブビームとして透過し、ビームの他の半分を第二サブビームとして反射する。ビームスプリッタから透過した光は、半波長板 49 (直線偏光器に対して約 22.5° 回転し、入射偏光を約 45° 回転する) を通過して、偏光ビームスプリッタ PBS2 に至る。あるいは、半波長板を省き、偏光ビームスプリッタを軸線の周囲で約 45° 回転することができる。異なる波長を使用すると、有利になることがある。というのは、波長板は大部分が、特定の波長帯で最適化されているからである。

20

## 【 0 0 8 0 】

[0091] 偏光ビームスプリッタ PBS2 にて、サブビームは、別個ではあるが、それぞれ約 90° および約 270° の偏光の光学的に同一の 2 つのサブサブビームに分割され、これはサブサブビームの以上の位相シフトを生じる。というのは、偏光器が偏光角度の 2 倍の位相シフトを生成するからである。つまり、1 つのサブビームを回転する方法は、実施形態 1 のようにビームスプリッタを回転するのではなく、半波長板を使用する。

## 【 0 0 8 1 】

[0092] ビームスプリッタ BS で反射したビームの他の半分は、半波長板を通過せず、即座にさらなる偏光ビームスプリッタ PBS1 に進み、このビームの半分は、偏光ビームスプリッタ PBS1 を透過し、約 0° で偏光され、他の半分は偏光ビームスプリッタ PBS1 で反射し、したがって図 8 に示すように (偏光器の直交配向のおかげで) 約 90° で偏光される。

30

## 【 0 0 8 2 】

[0093] 位相シフトが異なるサブサブビームを、4 つの別個のカメラ表面に投影する。したがって、各ビームの強度が、その偏光および入射角に関して測定され、したがって様々なサブサブビーム間の位相差を求めるために使用することができる。個々の各強度と比較した全体的強度は、実施形態 1 で検討したように、振幅および位相の変化を生じさせる。

## 【 0 0 8 3 】

[0094] 図 9 は、本発明の実施形態による楕円偏光計を示す。スキャトロメータの照明分岐では、直線偏光器 40 および図 8 と同じ方法で約 45° にて配置された 1/4 波長板 42 を使用して、円偏光が生成される。したがって、放射源 P から偏光した光は、ミラーおよびレンズおよび顕微鏡対物レンズ (図 9 の 24) を伝搬して、基板 W 上の構造 30 に向かう。基板 W から来た反射光は、これも顕微鏡対物レンズ 24 を通って、以上で検討したようにスキャトロメータの検出分岐に向かう。次に、(例えば回折) 光学分割要素 32 を使用して、ビームを、別個ではあるが光学的に同一の 4 つのサブビーム B に分割する。これらのビームはそれぞれ、異なる配向の偏光器を通過し、最後にカメラ表面 CD に投影される。4 つの偏光器は、位相矩象測定技術として使用される。つまり、矩象 44 は、約 0° である矩象 45 に対して約 135° 回転される。矩象 46 は、矩象 45 に対して 45°

40

50

回転し、矩象 47 は矩象 45 に対して約 90° 回転している。各矩象の強度は、別個に測定され、以上の実施形態 1 で説明したように組み合わせられる。

【0084】

[0095] この実施形態の利点は、カメラ CCD を 1 つしか使用せず、ハードウェアが減少し、したがって費用および保守/較正の要件を潜在的に減少させることである。

【0085】

[0096] 図 10 は、本発明の実施形態による楕円偏光計を示す。図 10 の実施形態は、図 9 の実施形態と同じであるが、カメラ CCD のフィールド当たりの光学出力が減少しないように、ビームが分割されない。したがって、スループットまたはカメラの積分時間に悪影響を及ぼさない。

10

【0086】

[0097] これを実行する方法は、偏光器 48 のマトリクスがユニットのアレイを生成することであり、各ユニットは 4 つの矩象を有し、各矩象は、図 0 の実施形態で説明したように、異なる偏光器配向を有する。つまり、マトリクス内の各ユニットは、偏光が約 0° の第一矩象 45、第一矩象 45 に対して偏光が約 45° の第二矩象 46、偏光が約 90° の第三矩象 47、および偏光が約 135° の第四矩象 44 を含む。上述したように、偏光器の偏光配向は、放射ビームに配向角度の 2 倍の位相シフトを生成する。

【0087】

[0098] マトリクス内の各ユニットは、カメラによって検出され（検出後に異なるユニットを分離するために、ソフトウェアを使用してよい）、異なる矩象の相対強度が、以前に検討したように、相対振幅および位相差の指標を与える。したがって、反射ビームの偏光状態を求めることができ、構造がビームに及ぼす影響は、リバーエンジニアリングを通して構造の特性を生成する。

20

【0088】

[0099] 本文では IC の製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることは言うまでもない。例えば、これは、集積光学装置、磁気ドメインメモリ用誘導および検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ (LCD)、薄膜磁気ヘッドなどである。こうした代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」または「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」または「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことは、当業者に明らかである。本明細書に述べている基板は、露光前または露光後に、例えばトラック（通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール）、計測ツールおよび/または検査ツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上およびその他の基板処理ツールに適用することができる。さらに、基板は、例えば多層 IC を生成するために、複数回処理することができる。したがって本明細書で使用する基板という用語は、既に複数の処理済み層を含む基板も指すことができる。

30

【0089】

[00100] 以上では光学リソグラフィとの関連で本発明の実施形態の使用に特に言及しているが、本発明は、インプリントリソグラフィなどの他の用途においても使用可能であり、状況が許せば、光学リソグラフィに限定されないことが理解される。インプリントリソグラフィでは、パターンングデバイスの微細構成によって、基板上に生成されるパターンが画定される。パターンングデバイスの微細構成を基板に供給されたレジストの層に押しつけ、その後に電磁放射、熱、圧力またはその組合せにより、レジストを硬化する。パターンングデバイスをレジストから離し、レジストを硬化した後にパターンを残す。

40

【0090】

[00101] 本明細書で使用する「放射」および「ビーム」という用語は、イオンビームあるいは電子ビームといったような粒子ビームのみならず、紫外線 (UV) 放射（例えば、365 nm、355 nm、248 nm、193 nm、157 nm または 126 nm の波長を有する）および極端紫外線光 (EUV) 放射（例えば、5 nm ~ 20 nm の範囲の波長

50

を有する)を含むあらゆるタイプの電磁放射を網羅する。

【0091】

[00102] 「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁気および静電気光学部品を含む様々なタイプの光学部品のいずれか、またはその組合せを指す。

【0092】

[00103] 以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を實踐できることが理解される。例えば、本発明は、上記で開示したような方法を述べる機械読み取り式命令の1つまたは複数のシーケンスを含むコンピュータプログラム、またはその内部に記憶されたこのようなコンピュータプログラムを有するデータ記憶媒体(例えば半導体メモリ、磁気または光ディスク)の形態をとることができる。

【0093】

[00104] 上記の説明は例示的であり、限定的ではない。したがって、請求の範囲から逸脱することなく、記載されたような本発明を変更できることが当業者には明白である。

【図面の簡単な説明】

【0094】

【図1a】[0033] 本発明の実施形態によるリソグラフィ装置を示す図である。

【図1b】[0034] 本発明の実施形態によるリソグラフィセルまたはクラスタを示す図である。

【図2】[0035] 本発明の実施形態によるスキットロメータを示す図である。

【図3】[0036] 本発明の実施形態によるスキットロメータを示す図である。

【図4】[0037] 従来通りの検査装置を示した図である。

【図5】[0038] 構造から反射したビームの強度と偏光との関係を示す図である。

【図6】[0039] 本発明の実施形態による複数の偏光ビームの強度と偏光との関係を示す図である。

【図7】[0040] 本発明の実施形態による楕円偏光計を示す図である。

【図8】[0041] 本発明の実施形態による楕円偏光計を示す図である。

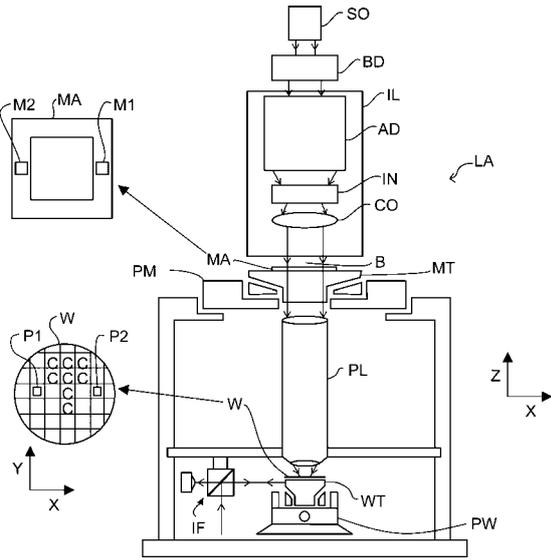
【図9】[0042] 本発明の実施形態による楕円偏光計を示す図である。

【図10】[0043] 本発明の実施形態による楕円偏光計を示す図である。

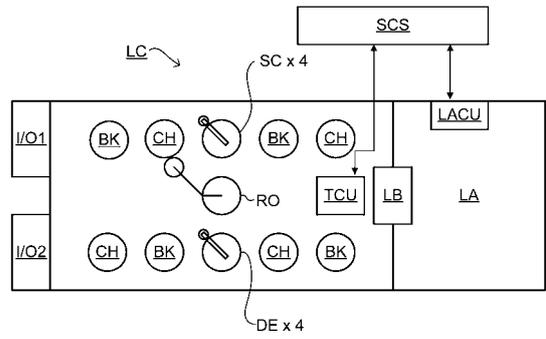
10

20

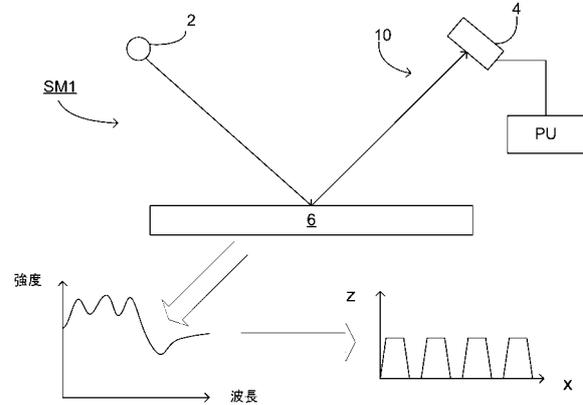
【図 1 a】



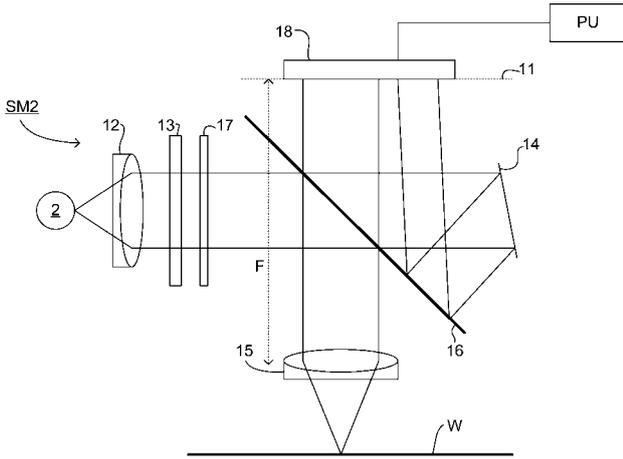
【図 1 b】



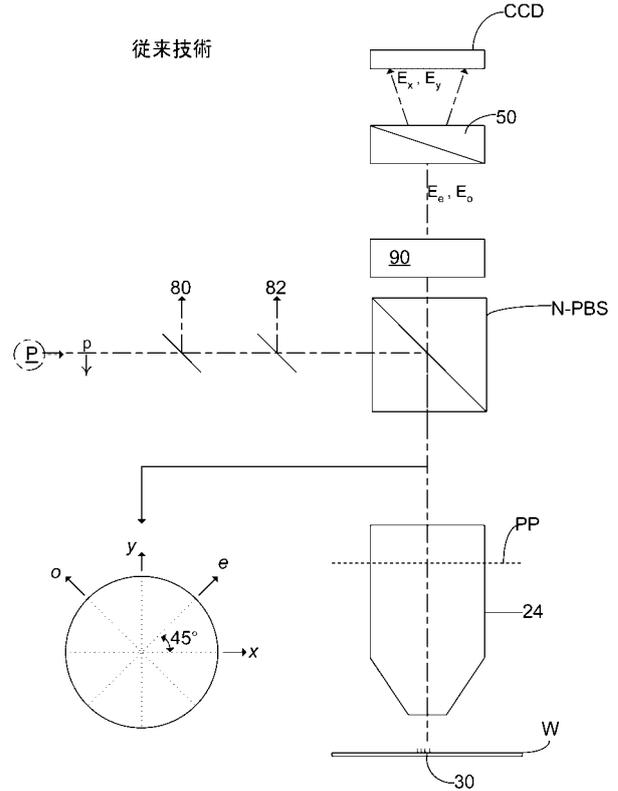
【図 2】



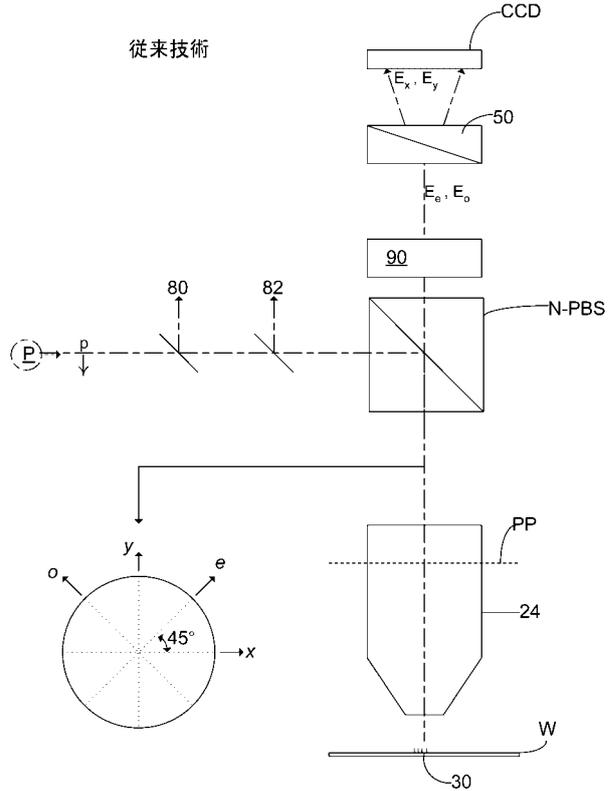
【図 3】



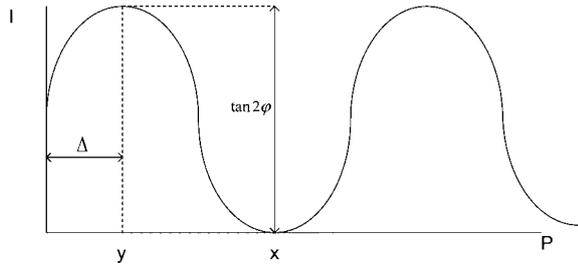
【図 4】



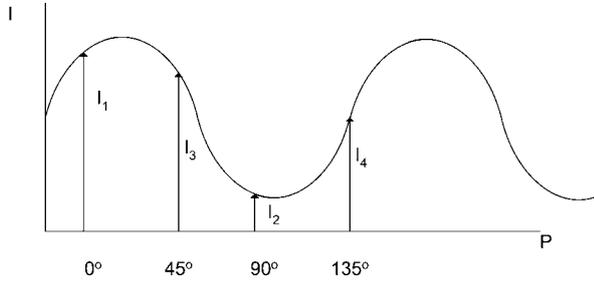
従来技術



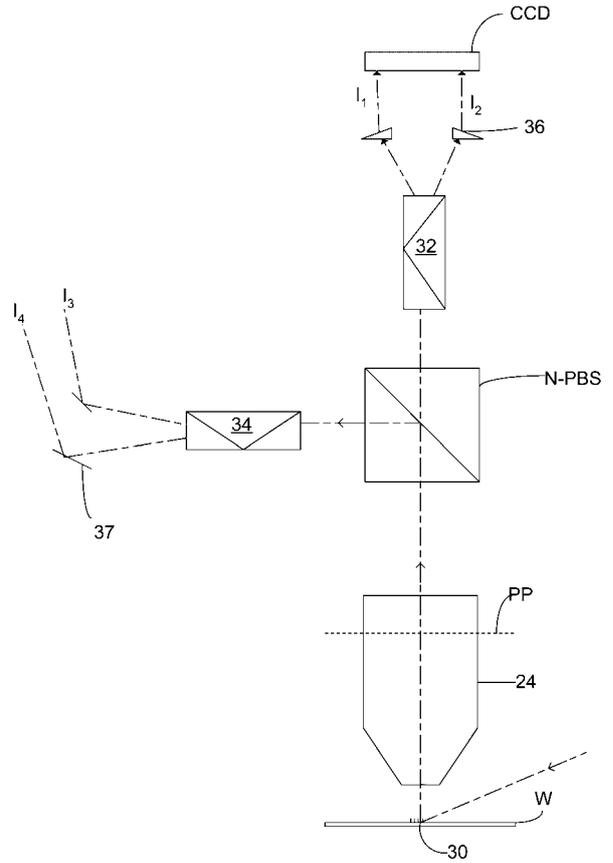
【 図 5 】



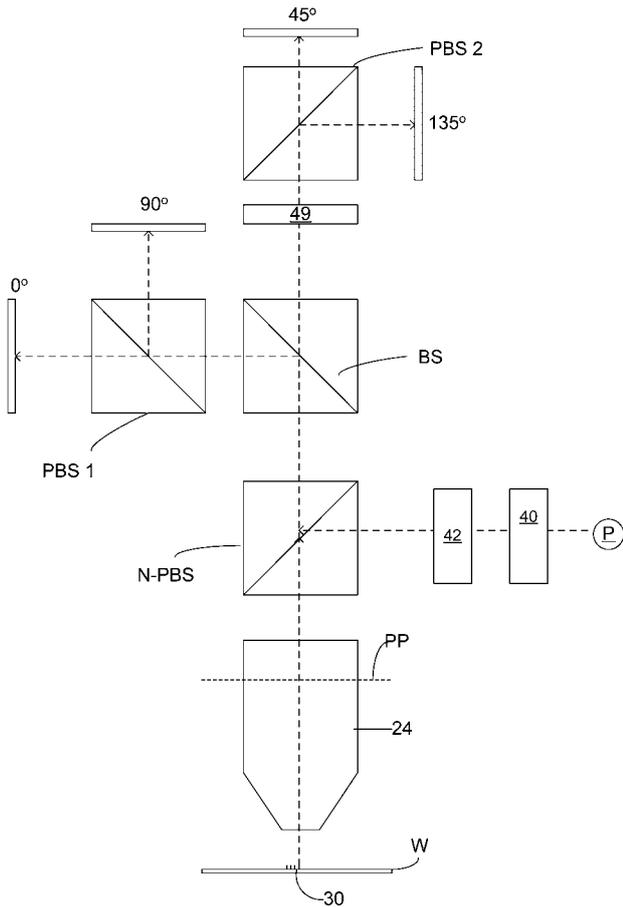
【 図 6 】



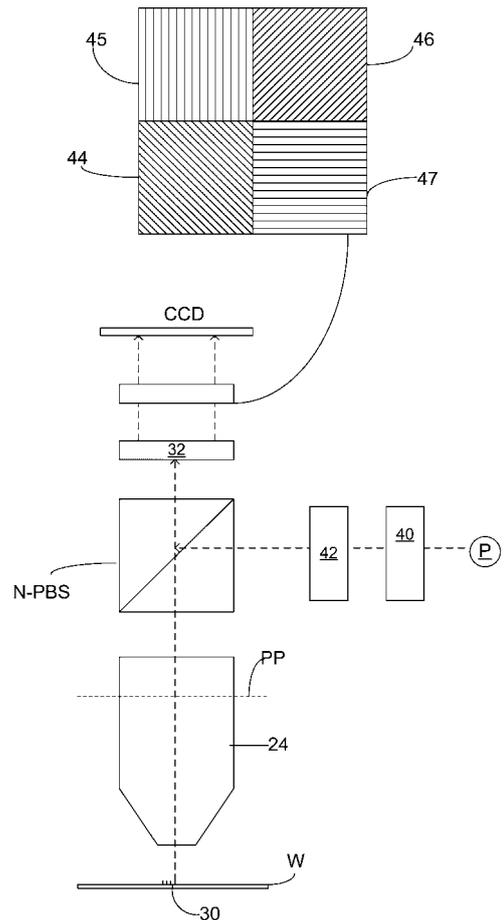
【 図 7 】



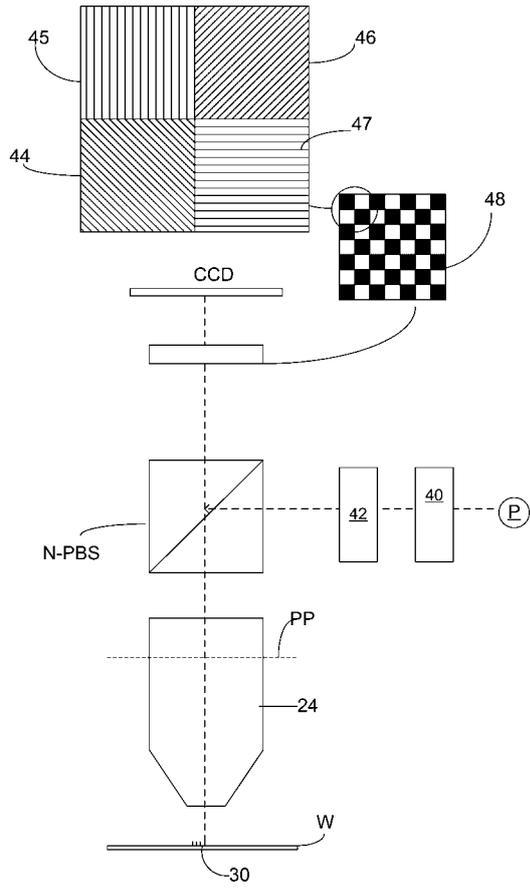
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 1 0 】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 N 23/225

(72)発明者 フジャース, ロナルド, フランシカス, ヘルマン

オランダ国, アイントホーフェン エヌエル - 5 6 2 8 ディーエム, パースベルグラーン 3 3

Fターム(参考) 2G001 AA03 AA04 AA07 BA15 CA03 CA04 CA07 DA09 GA06 MA05  
2G051 AA65 AB20 BA10 BB07 CA04 CB01 CB05 CC15 DA07 EC10  
5F046 AA18 BA02 CB15 CB24 DB05 DB08 FA04 FA09 FA20

【外国語明細書】

2008244448000001.pdf