

(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2007-184378

(P2007-184378A)

(43) 公開日 平成19年7月19日(2007.7.19)

| (51) Int.C1.                 | F 1        | テーマコード (参考) |
|------------------------------|------------|-------------|
| <b>HO1L 21/027</b> (2006.01) | HO1L 21/30 | 516D        |
| <b>GO3F 7/20</b> (2006.01)   | HO1L 21/30 | 502V        |
|                              | HO1L 21/30 | 526         |
|                              | GO3F 7/20  | 521         |

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 25 頁)

|           |                        |          |  |
|-----------|------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2006-957 (P2006-957) | (71) 出願人 | 000001007<br>キヤノン株式会社<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (22) 出願日  | 平成18年1月5日 (2006.1.5)   | (74) 代理人 | 100110412<br>弁理士 藤元 亮輔                     |
|           |                        | (72) 発明者 | 千徳 孝一<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ<br>ヤノン株式会社内   |
|           |                        |          | F ターム (参考) 5F046 AA17 DA12 DA14 DB01 DB04  |

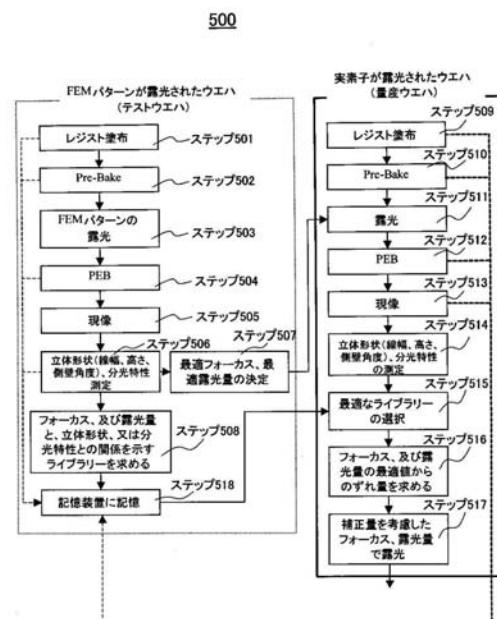
(54) 【発明の名称】露光装置における露光量および／または焦点合わせのための基板の位置を求める方法および装置

## (57) 【要約】

【課題】露光量オフセット量およびフォーカスオフセット量の少なくとも一方を求める新規な技術を提供する。

【解決手段】露光量、および位置のうち少なくとも一方の各値に関して露光装置を用いて基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1ステップと、第1ステップの情報と、露光装置における露光量、および焦点合せのための基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成する第2ステップと、露光量、および焦点合せのための基板の位置をそれぞれ既知の値として露光装置を用いて基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3ステップと、第3ステップの情報とライブラリの情報とに基づき、露光量、および焦点合せのための基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4ステップとを有することを特徴とする方法を提供する。

【選択図】図3



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

原版を介して基板を露光する露光装置における露光量のオフセット量、および前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置のオフセット量のうち少なくとも一方を求める方法であって、

前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の各値に関して前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1ステップと、

前記第1ステップで取得された前記形状の情報と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライ 10 ブラリを、KL展開を用いて作成する第2ステップと、

前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置をそれ既知の値として前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3ステップと、

前記第3ステップで取得された前記形状の情報と前記ライブラリの情報とに基づき、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4ステップとを有することを特徴とする方法。

**【請求項 2】**

前記第2ステップは、前記第1ステップで取得された前記形状の情報と、前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成することを特徴とする請求項1記載の方法。

**【請求項 3】**

前記第2ステップは、前記第1ステップで取得された前記パターンの線幅の情報と、前記露光装置における露光量の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成することを特徴とする請求項1記載の方法。

**【請求項 4】**

前記第2ステップは、前記第1ステップで取得された前記パターンの線幅の情報と、前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置の情報との間の関係を示すライ 30 ブラリを作成することを特徴とする請求項1記載の方法。

**【請求項 5】**

原版を介して基板を露光する露光装置における露光量のオフセット量、および前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置のオフセット量のうち少なくとも一方を求める処理装置であって、

前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の各値に関して前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1手段と、

前記第1手段により取得された前記形状の情報と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライ 40 ブラリを、KL展開を用いて作成する第2手段と、

前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置をそれ既知の値として前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3手段と、

前記第3手段により取得された前記形状の情報と前記ライブラリの情報とに基づき、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4手段とを有することを特徴とする処理装置。

**【請求項 6】**

前記第2手段は、前記第1手段により取得された前記形状の情報と、前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成することを特徴とする請求項5記載の処理装置。

**【請求項 7】**

10

20

30

40

50

前記第2手段は、前記第1手段により取得された前記パターンの線幅の情報と、前記露光装置における露光量の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成することを特徴とする請求項5記載の処理装置。

**【請求項8】**

前記第2手段は、前記第1手段により取得された前記パターンの線幅の情報と、前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置の情報との間の関係を示すライブラリを作成することを特徴とする請求項5記載の処理装置。

**【請求項9】**

原版を介して基板を露光する露光装置であって、  
請求項5～8のいずれかに記載の処理装置  
を有することを特徴とする露光装置。

10

**【請求項10】**

請求項1～4のいずれかに記載の方法を用いて求められたオフセット量の情報に基づき、原版を介して基板を露光する露光ステップを有することを特徴とするデバイス製造方法。

**【請求項11】**

請求項5～8のいずれかに記載の装置を用いて求められたオフセット量の情報に基づき、原版を介して基板を露光する露光ステップを有することを特徴とするデバイス製造方法。

**【請求項12】**

請求項9記載の露光装置を用いて原版を介し基板を露光する露光ステップを有することを特徴とするデバイス製造方法。

20

**【請求項13】**

原版を介して基板を露光する露光装置における露光量のオフセット量、および前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置のオフセット量のうち少なくとも一方を求める方法をコンピュータに実施させるためのプログラムであって、

前記方法は、

前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の各値に関して前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1ステップと、

前記第1ステップで取得された前記形状の情報と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成する第2ステップと、

前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置をそれぞれ既知の値として前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3ステップと、

前記第3ステップで取得された前記形状の情報と前記ライブラリの情報とに基づき、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4ステップとを有することを特徴とするプログラム。

30

**【発明の詳細な説明】**

40

**【技術分野】**

**【0001】**

本発明は、露光装置における露光量および焦点合わせのための基板の位置の少なくとも一方を求める技術に関する。

**【背景技術】**

**【0002】**

マスク上のLSIパターンをウェハ上に転写するパターン露光技術では、転写できるパターンの微細化だけでなく高生産性が要求されている。そして、露光装置における露光工程において、プロセス毎、あるいは、露光レイヤー毎に、フォーカス又は露光量などの露光条件の最適な値を決定し、ウェハを露光する。

50

## 【0003】

露光条件（フォーカス及び露光量）は、形状測定装置、例えば、走査電子顕微鏡（C D - S E M : C r i t i c a l D i m e n s i o n S c a n n i n g E l e c t r o n M i c r o s c o p e ）で所定のレジストパターン形状を測定して決定される。この場合、レジストパターン形状だけでなく、エッチング後のパターン形状の測定も行い、両者とを比較する。しかしながら、様々な誤差により、両者の測定値に差が生まれ、C D エラーや製造の歩留まりの低下などが発生する場合がある。ここでの誤差とは、レジストの屈折率と膜厚、露光装置の露光制御、フォーカス制御、現像時間、現像液の特性、ホットプレートの不均一性、P E B 温度、時間及びレチクルの製作誤差（C D 、平坦度）等をさす。

10

## 【0004】

そこで、レジストの屈折率と膜厚を設定する手段と、それに基づいて露光量を演算及び制御する方法が提案されている（例えば、特許文献1参照のこと）。また、マスク誤差に対して、露光量を調節することでウェハのC D 誤差を改善する提案がされている（例えば、特許文献2参照のこと）。そして、C D 変動がウェハに対して概ね同心円状で発生している場合をあげ、ウェハ中心からの距離と露光量との関数を作成し、ショットごとに露光量を調整する提案が行われている（例えば、特許文献3参照のこと）。さらに、露光結果のウェハ全面、ショット全面のC D 計測値から、各ショットの露光量マップを作成し、そのマップに従って露光量を制御する方法が提案されている（例えば、特許文献4参照のこと）。

20

## 【0005】

しかしながら、微細化の要求のために露光装置の投影光学系の開口数N A は、徐々に高い値となる。そして、それに伴う焦点深度D O F ( D e p t h o f F o c u s ) は、徐々に狭くなっている。例えば、90 nm の線幅のパターンのD O F は、線幅変化の10%を許容するとしても200 nm 程度となっている。

## 【0006】

この狭いD O F のため、これまでの露光量だけを変化させるC D 値の制御でなく、フォーカス値も変化させて露光条件をE D ウィンドウの中心とする設定方法が求められている。

30

## 【0007】

しかしながら、特許文献1乃至4においては、露光量に関しては、様々な誤差に対して対応したものが提案されているが、フォーカスに対する効果的な方法の提案は、行われていなかった。これは、F E M ( F o c u s E x p o s u r e M a t r i x ) パターンの様にフォーカスを微小量ずつ変更して露光を行うことをせず、一つの露光条件による露光結果から、フォーカスのずれ量を求める手法が確立していなかったためである。その理由の一つは、C D 計測にC D - S E M が使用されている点にある。すなわち、一つのマークのC D 計測からは、C D 値という一つの計測結果しか得られない点にある。従って、特許文献1乃至4には、転写できるパターンの最適化には限界があった。そこで、露光装置での露光量のオフセット量及びフォーカス（基板位置）のオフセット量を求める方法が提案されている（例えば、特許文献5参照のこと）。特許文献5の方法は、露光量オフセット量及びフォーカス（基板位置）のオフセット量とパターンの光強度信号波形との対応関係をライブラリ化する。そして、ある露光量及びフォーカスで得られたパターンの光強度信号波形を計測する。その後、計測された光強度信号波形からライブラリに基づいて、露光量オフセット量およびフォーカスオフセット量を求めている。

40

【特許文献1】特開昭62-132318号公報

【特許文献2】特開平10-032160号公報

【特許文献3】特開平10-064801号公報

【特許文献4】特開2005-094015号公報

【特許文献5】特開2003-142397号公報

【発明の開示】

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0008】**

しかしながら、特許文献5の方法は、露光量オフセット量及びフォーカスオフセット量を求めるための上記ライブラリを作成するのが非常に煩雑である。。

**【0009】**

そこで、本発明は、上記背景技術を考慮し、露光量オフセット量およびフォーカスオフセット量の少なくとも一方を求める新規な技術を提供することを例示的的目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0010】**

本発明の一側面としての方法は、原版を介して基板を露光する露光装置における露光量のオフセット量、および前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置のオフセット量のうち少なくとも一方を求める方法であって、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の各値に関して前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1ステップと、前記第1ステップで取得された前記形状の情報と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成する第2ステップと、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置をそれぞれ既知の値として前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3ステップと、前記第3ステップで取得された前記形状の情報と前記ライブラリの情報とに基づき、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4ステップとを有することを特徴とする。

**【0011】**

本発明の別の側面としての処理装置は、原版を介して基板を露光する露光装置における露光量のオフセット量、および前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置のオフセット量のうち少なくとも一方を求める処理装置であって、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の各値に関して前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1手段と、前記第1手段により取得された前記形状の情報と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライブラリを、KL展開を用いて作成する第2手段と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置をそれぞれ既知の値として前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3手段と、前記第3手段により取得された前記形状の情報と前記ライブラリの情報とに基づき、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4手段とを有することを特徴とする。

**【0012】**

本発明の別の側面としての露光装置は、原版を介して基板を露光する露光装置であって、上記処理装置を有することを特徴とする。

**【0013】**

本発明の別の側面としてのデバイス製造方法は、上記方法又は装置を用いて求められたオフセット量の情報に基づき、原版を介して基板を露光する露光ステップを有することを特徴とする。

**【0014】**

本発明の別の側面としてのデバイス製造方法は、上記露光装置を用いて原版を介し基板を露光する露光ステップを有することを特徴とする。

**【0015】**

本発明の別の側面としてのプログラムは、原版を介して基板を露光する露光装置における露光量のオフセット量、および前記露光装置における焦点合せのための前記基板の位置のオフセット量のうち少なくとも一方を求める方法をコンピュータに実施させるためのプ

10

20

30

40

50

ログラムであって、前記方法は、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の各値に関して前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第1ステップと、前記第1ステップで取得された前記形状の情報と、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方の情報との間の関係を示すライブラリを、K L 展開を用いて作成する第2ステップと、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置をそれぞれ既知の値として前記露光装置を用いて前記基板上に形成されたパターンの形状の情報を取得する第3ステップと、前記第3ステップで取得された前記形状の情報と前記ライブラリの情報とに基づき、前記露光装置における露光量、および焦点合せのための前記基板の位置のうち少なくとも一方のオフセット量を求める第4ステップとを有することを特徴とする。  
10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、露光量オフセット量およびフォーカスオフセット量の少なくとも一方を求める新規な技術を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、図1を参照して、半導体製造システムを説明する。ここで、図1は、第1の実施例に関する半導体製造システムである。

【0018】

半導体製造システムは、複数の露光装置（図では露光装置1及び2）と形状測定装置（又は、分光特性測定器）3、中央処理装置4、データベース5を含み、これらがLAN6（例えば社内LAN）により接続された構成を有する。

【0019】

露光装置1及び2は、ステップ・アンド・スキャン方式でレチクル20に形成された回路パターンをウェハ40に露光する投影露光装置である。露光装置1の詳細については後述する。

【0020】

形状測定装置（取得部）3は、基板に露光されたパターンの形状の情報を取得する。つまり、形状測定装置3は、例えば、走査電子顕微鏡（CD-SEM：Critical Dimension Scanning Electron Microscope）が用いられ、所定のレジストパターン形状を測定する。この場合、分光特性測定器を用いてもよく、分光特性測定器は、基板に露光されたパターンから得られる分光特性の情報を取得する。

【0021】

中央処理装置（作成部、第1の算出部及び第2の算出部）（PC/WS）4は、取得した形状又は/及び分光特性の情報と、露光時のフォーカス又は/及び露光量との相関をK L 展開を用いて作成する。また、中央処理装置4は、相関に基づき、パターンの幅の、基準値からのずれ量を算出する。さらに、中央処理装置4は、相関及びずれ量の情報に基づいて、露光量又はフォーカスのオフセット量を算出する。また、半導体露光装置1、2及び形状測定装置3からの各種計測値等を吸い上げ、データベース5は、係る各種計測値等のデータをデータベース化して保存する。そして、半導体露光装置1及び2が量産稼働する間に、中央処理装置4は、パラメータ値の最適化を行い、半導体露光装置1及び2に通知する。

【0022】

このように、半導体製造システムは、露光量のオフセット量だけでなく、フォーカスのオフセット量も計測しているため、より高精度に計測することができる。また、半導体製造システムは、形状の情報及び前記ずれ量の情報に基づいて、露光量及びフォーカスのオフセット量を算出しているため、CDに影響する外的要因の変動があった場合でも、ライブラリを適宜更新する必要がない。そのため、基板の高い生産性を確保することができる

。

## 【0023】

以下、図2を参照して、露光装置1を説明する。ここで、図2は、本発明の一側面としての露光装置1の構成を示す概略ブロック図である。

## 【0024】

露光装置1は、ステップ・アンド・スキャン方式でレチクル20に形成された回路パターンをウェハ40に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクオーターミクロン以下のリソグラフィー工程に好適である。露光装置1は、図1に示すように、照明装置10と、レチクル20を載置するレチクルステージ25と、投影光学系30と、ウェハ40を載置するウェハステージ45と、フォーカスチルト検出系50と、制御部60とを有する。制御部60は、CPUやメモリを有し、照明装置10、レチクルステージ25、ウェハステージ45、フォーカスチルト検出系50と電気的に接続され、露光装置1の動作を制御する。制御部60は、本実施例では、後述するフォーカスチルト検出系50がウェハ40の表面位置を検出する際に用いる光の波長を最適に設定するための演算及び制御も行う。

## 【0025】

照明装置10は、転写用の回路パターンが形成されたレチクル20を照明し、光源部12と、照明光学系14とを有する。

## 【0026】

光源部12は、例えば、レーザーを使用する。レーザーは、波長約193nmのArFエキシマレーザー、波長約248nmのKrFエキシマレーザーなどを使用することができる。しかしながら、光源の種類はエキシマレーザーに限定されず、例えば、波長約157nmのF2レーザーや波長20nm以下のEUV(Extreme ultraviolet)光を使用してもよい。

## 【0027】

照明光学系14は、光源部12から射出した光束を用いて被照明面を照明する光学系であり、本実施例では、光束を露光に最適な所定の形状の露光スリットに成形し、レチクル20を照明する。照明光学系14は、レンズ、ミラー、オプティカルインテグレーター、絞り等を含み、例えば、コンデンサーレンズ、ハエの目レンズ、開口絞り、コンデンサーレンズ、スリット、結像光学系の順で配置する。照明光学系14は、軸上光、軸外光を問わずに使用することができる。オプティカルインテグレーターは、ハエの目レンズや2組のシリンドリカルレンズアレイ(又はレンチキュラーレンズ)板を重ねることによって構成されるインテグレーターを含むが、光学ロッドや回折素子に置換される場合もある。

## 【0028】

レチクル20は、例えば、石英製で、その上には転写されるべき回路パターンが形成され、レチクルステージ25に支持及び駆動されている。レチクル20から発せられた回折光は、投影光学系30を通り、ウェハ40上に投影される。レチクル20とウェハ40とは、光学的に共役の関係に配置される。レチクル20とウェハ40を縮小倍率比の速度比で走査することによりレチクル20のパターンをウェハ40上に転写する。なお、露光装置1には、光斜入射系のレチクル検出手段70が設けられており、レチクル20は、レチクル検出手段70によって位置が検出され、所定の位置に配置される。

## 【0029】

レチクルステージ25は、図示しないレチクルチャックを介してレチクル20を支持し、図示しない移動機構に接続されている。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向及び各軸の回転方向にレチクルステージ25を駆動することでレチクル20を移動させることができる。

## 【0030】

投影光学系30は、物体面からの光束を像面に結像する機能を有し、本実施例では、レチクル20に形成されたパターンを経た回折光をウェハ40上に結像する。投影光学系30は、複数のレンズ素子のみからなる光学系、複数のレンズ素子と凹面鏡とを有する光

10

20

30

40

50

学系、複数のレンズ素子と少なくとも一枚のキノフォームなどの回折光学素子とを有する光学系等を使用することができる。色収差の補正が必要な場合には、互いに分散値（アッベ値）の異なるガラス材からなる複数のレンズ素子を使用したり、回折光学素子をレンズ素子と逆方向の分散が生じるように構成したりする。

【0031】

ウェハ40は、被処理体であり、フォトレジストが基板上に塗布されている。なお、本実施形態では、ウェハ40は、フォーカスチルト検出系50が位置を検出する被検出体でもある。ウェハ40は、別の実施形態では、液晶基板やその他の被処理体に置換される。

【0032】

ウェハステージ45は、図示しないウェハチャックによってウェハ40を支持する。ウェハステージ45は、レチクルステージ25と同様に、リニアモーターを利用して、X軸方向、Y軸方向、Z軸方向及び各軸の回転方向にウェハ40を移動させる。また、レチクルステージ25の位置とウェハステージ45の位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。ウェハステージ45は、例えば、ダンパを介して床等の上に支持されるステージ定盤上に設けられる。レチクルステージ25及び投影光学系30は、例えば、床等に載置されたベースフレーム上にダンパを介して支持される図示しない鏡筒定盤上に設けられる。

【0033】

フォーカスチルト検出系50は、本実施形態では、光学的な計測システムを用いて、露光中のウェハ40の表面位置（Z軸方向）の位置情報を検出する。フォーカスチルト検出系50は、ウェハ40上の複数の計測すべき計測点に光束を入射し、各々の光束を個別のセンサに導き、異なる位置の位置情報（計測結果）から露光する面のチルトを検出する。

【0034】

フォーカスチルト検出系50は、図2に示すように、ウェハ40の表面に対して高入射角度で光束を入射させる照明部52と、ウェハ40の表面で反射した反射光の像ずれを検出する検出部54と、演算部とを有する。照明部52は、光源と、光合成手段と、パターン板と、結像レンズと、ミラーとを有する。検出部54は、ミラーと、レンズと、光分波手段と、受光器とを有する。

【0035】

尚、露光装置1は、図1に示す半導体製造システムの形状測定装置（分光特性測定器）3、中央処理装置4及びデータベース5の機能を有しても良い。この場合、露光装置1に内蔵される形状測定装置は、基板に露光されたパターンの形状の情報取得する。また、分光特性測定器の機能を有してもよく、分光特性測定器の場合は、基板に露光されたパターンから得られる分光特性の情報を取得する。

【0036】

露光装置1に内蔵される中央処理装置は、取得した形状又は／及び分光特性の情報と、露光時のフォーカス又は／及び露光量との相関をKL展開を用いて作成する。また、中央処理装置は、相関に基づき、パターンの幅の、基準値からのずれ量を算出する。さらに、中央処理装置は、相関及びずれ量の情報に基づいて、露光量又はフォーカスのオフセット量を算出する。

【0037】

この場合、露光装置1は、露光量のオフセット量だけでなく、フォーカスのオフセット量も計測しているため、より高精度に計測することができる。また、露光装置1は、形状の情報及び前記ずれ量の情報に基づいて、露光量及びフォーカスのオフセット量を算出しているため、CDに影響する外的要因の変動があった場合でも、ライブラリを適宜更新する必要がない。そのため、基板の高い生産性を確保することができる。そのため、高いスループットで経済性よくデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を提供することができる。

【0038】

以下、図3を参照して、本実施形態である露光方法（デバイス製造方法）500について

10

20

30

40

50

て説明する。ここで、図3は、本実施形態である露光方法500を示すフロー チャートである。

【0039】

露光方法500は、露光装置1における露光量の第1のオフセット量、および露光装置における焦点合わせのための基板の位置の第2のオフセット量のうち少なくとも第2のオフセット量を求めて基板を露光する。

【0040】

測定のシーケンスは大きく分けて2つに分類することができる。一つは、フォーカス、及び露光量とFEMパターンを構成する各ショットから得られる立体形状、あるいは分光特性との関連付けをおこないライプラリを作製するシーケンスである。この場合、FEMパターンが露光されたテストウェハの作製、及びそのテストウェハを用いた最適露光条件の設定、及び多变量解析手法によりライプラリを作製する。ここで、FEMパターンとは、フォーカス値、露光量を露光パラメータとしてマトリックス状に複数ショットが1枚のウェハ上に露光されているパターンをさす。もう一つは、量産ウェハの露光をおこない、量産ウェハ上に露光されたレジストパターンの形状、または分光特性を測定し、前記ライプラリと照合し、フォーカス、及び露光量の最適露光条件からのずれ量を求めるシーケンスである。

【0041】

最初にFEMパターンが露光されるテストウェハでのシーケンスを説明する。

【0042】

まず、ウェハにレジストが塗布される(ステップ501)。レジストを塗布されたウェハは、レジストの特性を安定化させるためにPre-Bakeが施される(ステップ502)。続いて、ウェハは露光装置に運ばれ、FEMパターンがウェハ上に露光される(ステップ503)。次にウェハは、PEB(ステップ504)、現像(ステップ505)が行われ、テストウェハ上にFEMパターンが形成される。

【0043】

そして、露光装置1を用いて基板上に露光されたパターンの形状若しくはパターンから得られる分光特性の情報を取得する。つまり、そのFEMパターンを形成する各ショット内の、レジストパターンの立体形状(線幅、高さ、及び側壁角度)を形状測定器、例えばScatterometryを用いた光CD測定器で測定する(ステップ506)。図4は、ウェハ上に形成されたFEMパターンの各ショット内のレジストパターンの一部を拡大した図である。図4に示すFEMパターンは、縦軸方向にフォーカスを変化させ、横軸方向に露光量を変化させて各ショットの露光をおこなう。例えば、上記光CD測定器にて、図4に示すFEMパターンの各ショット内のレジストパターンの立体形状である線幅、高さ、側壁角度を測定、または分光特性を測定する。図5に、FEMパターンの各ショット内のレジストパターンの立体形状測定値と、フォーカス値、及び露光量を示した表を示す。これらの立体形状測定値と露光条件(フォーカス、露光量)の関係により、量産ウェハ上に実素子レジストパターンが露光される際の、最適フォーカス値、及び最適露光量の位置を求める(ステップ507)。そして、後述する量産ウェハ上に実素子レジストパターンが露光される際(ステップ511)の最適露光条件として用いる。その一方で、露光条件(フォーカス、露光量)とFEMパターンの各ショットのレジストパターンから得られる立体形状、及び分光特性との関係を多变量解析手法を用いて関係式(以下、ライプラリと呼ぶ)を作製する(ステップ508)。この場合、取得した形状又は/及び分光特性の情報と、露光時のフォーカス又は/及び露光量との相関をKL展開を用いて作成する。つまり、露光量に関する相関は、多項式近似、Neural Network、あるいはKL展開の内少なくとも1つを用いて作製し、フォーカスに関する相関は、KL展開を用いて作製する。

【0044】

以下、ライプラリの作製について詳述する。

【0045】

10

20

30

40

50

まず最初に、露光量のずれ量を求める際に用いるライブラリの作製方法について述べる。テストウェハ上に作製した F E M パターンの立体形状測定値（図 5 参照）から、露光量と線幅（例えば  $m c d$ ）の関係を示す関係式を作製する。図 6 に示す F E M パターンの太枠で囲った領域の複数パターンの線幅の変化と、露光量の関係を数式化する。ここで、図 6 は、ウェハ上に形成された F E M パターンの各ショット内のレジストパターンの一部を拡大した平面図である。図 7 は、図 6 の太枠領域から求めた線幅と露光量の関係を示すグラフである。露光量と線幅の関係を多項式近似により求め、その近似式を、以下、数式 1 とする。

【 0 0 4 6 】

【 数 1 】

10

$$(露光量) = f_1 (\text{線幅})$$

【 0 0 4 7 】

この近似式を、ステップ 515 及びステップ 516 において露光量の最適値からのずれ量を求めるための第 1 のライブラリを構成する第 1 の関係式として、記憶装置に記憶する。

【 0 0 4 8 】

続いて、図 8 に示す F E M パターンの太枠で囲った領域の複数パターンの線幅の変化と、フォーカスの関係を数式化する。ここで、図 8 は、ウェハ上に形成された F E M パターンの各ショット内のレジストパターンの一部を拡大した平面図である。図 9 は、図 8 の太枠領域から求めた線幅とフォーカスの関係を示すグラフである。この場合、線幅とフォーカスの関係を多項式近似により求め、その近似式を以下、数式 2 とする。

20

【 0 0 4 9 】

【 数 2 】

$$(線幅) = f_2 (\text{フォーカス})$$

【 0 0 5 0 】

この近似式を、ステップ 515 及びステップ 516 において露光量の最適値からのずれ量を求めるための第 1 のライブラリを構成する第 2 の関係式として、記憶装置に記憶する。

30

【 0 0 5 1 】

続いて、フォーカスのずれ量を求める際に用いるライブラリの作成手順を述べる。

【 0 0 5 2 】

図 10 は、図 4 に示す F E M パターンを構成するショットの中の任意の 2 ショットからそれぞれ得られる分光特性を示したグラフである。この分光特性の測定は、エリプソメトリー法を用いて計測したものである。図 11 は、図 4 に示す F E M パターンを構成する各ショットの露光条件（フォーカス、露光量）と、その各ショットから得られる分光特性の測定値を表したものである。ここで、分光特性の測定は、エリプソメトリー法を用いて計測したものである。この分光特性と、F E M パターンの露光条件の一つであるフォーカスとの関連付けを、多変量解析手法の 1 つである Karhunen - L o e v e 展開（以下、KL 展開と呼ぶ）を用いて行う。そして、その結果をフォーカスに関するライブラリとして記憶装置に記憶させる。

40

【 0 0 5 3 】

ここで、KL 展開についての説明を行う。

【 0 0 5 4 】

KL 展開とは、線形空間における特徴量ベクトルの分布を最も良く近似する部分空間を算出する方法であり、主成分分析を含むものである。

【 0 0 5 5 】

本実施例では、サンプル数  $N$  の信号  $Y_i$  が  $L$  個 ( $Y_1, Y_2, \dots, Y_L$ ) あるとす

50

る。各信号の次元は  $N$  次元であり、  $N$  個の基底ベクトルが存在する。この  $N$  個の基底ベクトルを用いれば、  $L$  個の信号  $Y_1$ 、  $Y_2$ 、 …、  $Y_L$  をすべて表現することができる。  $K_L$  展開は、この基底ベクトルの数を少なくして元の信号を表現する技術であり、  $L$  個の信号  $Y_1$ 、  $Y_2$ 、 …、  $Y_L$  を表現する基底ベクトル（これで張られる空間を部分空間と呼ぶ）を算出するものである。また、  $K_L$  展開によって基底ベクトルは  $N$  個まで計算できるが、元の信号を表現できる割合の順で次元数を割り付け、一次基底ベクトル、二次基底ベクトル、 … と呼んでいる。本実施形態における分光特性が、例えばサンプリング数  $N$  個、ここで本実施例における  $N$  とは、（分光特性を測定する際の測定波長の個数） $\times 2$  で表されている場合（ $\times 2$  は偏光方向  $T_E$ 、  $T_M$  のこと）、以下、数式 3 として表される。

10

【0056】

【数3】

$$f = [f(1), f(2), f(3), \dots, f(N)]$$

【0057】

一般に、  $N$  次元のベクトル  $f$  は、互いに直交する  $M$  個の  $N$  次元基底ベクトル  $P$  は、以下の数式 4 のように示される。

【0058】

【数4】

$$P_k = [P_k(1), P_k(2), P_k(3), \dots, P_k(N)]$$

20

【0059】

そして、数式 4 を用いて、数式 5 のように近似することができる。

【0060】

【数5】

$$f \approx \sum_{k=1}^M a_k p_k$$

【0061】

ここで、直交基底ベクトル  $p_k$  の係数  $a_k$  は、直交基底ベクトル同士の内積はゼロであることを利用して、数式 6 のようにベクトル  $f$  との内積により算出することができる。

30

【0062】

【数6】

$$a_k = f \bullet p_k \quad (\text{但し} \cdot \text{はベクトルの内積})$$

【0063】

このとき、  $N = M$  の場合は、どのようなベクトル  $f$  に対しても、数式 5 の両辺を完全に一致させるような係数列  $a_k$  とベクトル  $p_k$  が存在する。一般に、  $N > M$  の場合は、上記の両辺は完全には一致することはない。しかし、複数の  $N$  次元ベクトル  $f$  を  $K_L$  展開し、前述の元の信号を表現できる割合の大きい順に得られる基底ベクトルを上記の  $p_k$  として順に用いれば、同じ  $M$  で数式 3 の両辺の誤差を最小にできることが知られている。

40

【0064】

更なる  $K_L$  展開の詳細情報は、例えば、非特許文献 1 及び 2 を参照することで入手可能である。

【0065】

次に、  $K_L$  展開を用いた本実施形態のライブラリ作製時に行われる処理（ステップ 50 8）について、図 11 を用いて説明する。

【0066】

$K_L$  展開を利用して、学習データ群、つまり、  $FEM$  パターンを構成する全ショットのレジストパターンから得られる分光特性（図 11 参照）から再構築可能（可逆）な直交基

50

底ベクトルを導出する。つまり、N次元の学習信号ベクトル  $f = [f(1), f(2), f(3), \dots, f(N)]$  として表される複数の学習信号群から、KL展開によってM個の直交基底ベクトル  $p_k$  を算出する。ここで  $f(N)$  とは、分光特性の各波長での測定値をさす。

## 【0067】

具体的には、まず、それぞれの学習信号ベクトル  $f$  の各サンプル  $[f(1), f(2), f(3), \dots, f(N)]$  を用意する。

## 【0068】

次に、学習信号ベクトル ( $L$  個与えられているとする、本実施例では  $L = 25$ ) から、数式7のように、全ての学習信号ベクトルを各行に並べた行列  $A$  ( $L$  行  $N$  列となる) を生成する。 10

## 【0069】

## 【数7】

$$A = \begin{bmatrix} \mathbf{f}_1 \\ \mathbf{f}_2 \\ \vdots \\ \mathbf{f}_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_1(1), f_1(2), \dots, f_1(N) \\ f_2(1), f_2(2), \dots, f_2(N) \\ \vdots \\ f_L(1), f_L(2), \dots, f_L(N) \end{bmatrix}$$

## 【0070】

さらに、数式8のように、行列  $A$  の転置行列  $A^T$  と行列  $A$  の積で与えられる自己共分散行列  $B$  ( $N$  行  $N$  列となる) を生成する。 20

## 【0071】

## 【数8】

$$B = A^T A = \frac{1}{N} \begin{bmatrix} f_1(1), f_2(1), \dots, f_L(1) \\ f_1(2), f_2(2), \dots, f_L(2) \\ \vdots \\ f_1(N), f_2(N), \dots, f_L(N) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_1(1), f_1(2), \dots, f_1(N) \\ f_2(1), f_2(2), \dots, f_2(N) \\ \vdots \\ f_L(1), f_L(2), \dots, f_L(N) \end{bmatrix}$$

## 【0072】

この行列  $B$  を固有値分解し、固有値の大きい順に固有ベクトルの番号  $k$  を付ける。最後に、得られた固有ベクトルを基底ベクトル  $p_k$  として、データベースに格納する。尚、共分散行列  $B$ 、および固有値と基底ベクトル  $p_k$  についての説明は、非特許文献3及び4を参照することで入手可能である。

## 【0073】

図11に示したFEMパターンを構成する各ショットのレジストパターンから得られた分光特性を学習データ群としてKL展開を行い、N次元の基底ベクトルを求める。そして、その各基底ベクトルに対して、FEMパターンの各ショットの分光特性の成分を射影した際に得られる係数  $a_k$  と、その時の露光条件の関係を示した表を図12に示す。 40

## 【0074】

これらの各係数と露光条件であるフォーカスとの関係をライブラリとして、記憶装置に記憶しておく(ステップ518)。

## 【0075】

以上が、フォーカスに関するライブラリ作成手順であり、記憶装置に記憶した、露光量、及びフォーカスに関するライブラリは後述するステップ515及びステップ516にて使用される。

## 【0076】

再び図3において、一方、実素子レジストパターンが露光される量産ウェハの露光シーケンスは、まず、図3のステップ509に示すようにレジストが塗布され、Pre-Ba 50

*k e* が施される (ステップ 510)。その後、ステップ 507 で求めた最適フォーカス値、最適露光量を露光パラメータの一部として露光がおこなわれる (ステップ 511)。

#### 【0077】

次に、ステップ 511 で露光されたウェハは、P E B (ステップ 512)、現像 (ステップ 513) が施される。そして、形成されたレジストパターンに含まれる立体形状測定用パターンの立体形状 (線幅、高さ、及び側壁角度)、または分光特性を光 C D 測定器で測定する (ステップ 514)。立体形状の各測定値が予め定めた仕様内に入つていなければ次のウェハ、あるいは次のロットに進む。一方、立体形状の各測定値が仕様を満たしていないならば、その立体形状の変化は、実際の露光時の露光条件 (露光量、フォーカス値) が、設定したパラメータからずれていたことが原因であるとして、そのずれ量を求める。つまり、相関に基づき、前記パターンの幅の、基準値からのずれ量を算出する (ステップ 516)。また、相関及びずれ量の情報に基づいて、少なくともフォーカスのオフセット量を算出する。

#### 【0078】

図 13 に示すフォーカスシフト、及び露光量のシフト量を、ステップ 514 で測定した立体形状、及び分光特性を用いて、図 14 に示す手順で求める。ここで、図 13 に示すレジストパターンでのフォーカスシフト、及び露光量のシフト量を算出するためのフローチャートである。この場合、例えば、図 13 において断面形状 1 のパターンが最適な形状であるとして最適露光パラメータが設定されている場合、若しくはステップ 514 で測定した形状測定パターンの断面が、断面形状 2 であるとした場合とする。

#### 【0079】

図 14 において、まず最初にステップ 518 で記憶装置に記憶した露光量に関するライブラリの中から、数式 1 で示す関係式を用いて、第 1 の露光ずれ量 *d o s e* 1 を求める。次に、前述した K L 展開を用いて作成した N 次元の基底ベクトルに対し、分光特性を、同じく K L 展開により展開する。そして、既に求めた N 次元の基底ベクトルに射影し各基底ベクトルに対する係数群 (*a x* - 1, *a x* - 2, *a x* - 3, …, *a x* - N) を求める。ここで求めた係数群と、ステップ 518 で既に求めたライブラリの中の係数群とのマッチングを行い、ライブラリの中の、マッチングした係数群に関係付けられているフォーカス値が、測定したパターンのフォーカス値である。最適露光条件でのフォーカス値と、今回求めたフォーカス値の差分を取れば、フォーカスシフト量 *f o c u s* を求めることができる。

#### 【0080】

続いて、図 14 における露光量のシフト量 *d o s e* 2 を求める。この *d o s e* 2 とは、先に求めた *f o c u s* の量だけフォーカス位置を修正することにより新たに発生するレジストパターンの線幅のずれを修正するために必要な露光量の補正量である。この *d o s e* 2 は、ステップ 518 で求めた露光量に関するライブラリの中の関係式 2 に、*f o c u s* を代入し、線幅ずれ量 *C D* を求め、更に *C D* を関係式 1 に代入することにより求めることができる。最終的に、ステップ 514 で測定したレジストパターンの露光量のずれ量 *d o s e* 3 は、*d o s e* 3 = *d o s e* 1 + *d o s e* 2 として求めることができる。

#### 【0081】

以上の手順で求めた、露光量のずれ量 *d o s e* 3、フォーカスのずれ量 *f o c u s* を露光装置にフィードバック、あるいはフィードフォワードをかけば、最適露光条件による露光を行うことができる。そして、露光されるレジストパターンも最適形状となる。

#### 【0082】

本実施例では、露光量を補正するために必要な関係式は、*C D* 値のみを説明変数として用いたが、これに限らず、その他の立体形状情報を用いても構わない。また、本実施例では、露光量を求める近似式は 1 次、及び 2 次の近似式を用いたが、近似式の次数はこの場合に限らず、3 次以上の近似式を用いてもよい。

#### 【0083】

10

20

30

40

50

次に、第2の実施例についての説明を行う。

【0084】

第1の実施例では、露光量に関するライプラリは、レジストパターンの線幅と露光量の関係を数式化した関係式1と、線幅とフォーカスの関係を数式化した関係式2を用いて構成した。しかしながら、露光量に関するライプラリ作成方法はこれだけに限らず、フォーカスに関するライプラリと同様に、分光特性と露光量の関係をKL展開により求めてライプラリ化しても良い。

【0085】

また、露光量、及びフォーカスに関するライプラリをKL展開にて作成する際、学習データ群として、分光特性の代わりに、FEMパターンを構成する各ショットのレジストパターンの立体形状（線幅、高さ、側壁角度）を用いる。そして、基底ベクトルを求め、その基底ベクトルに対する射影成分との関係をライプラリ化しても良い。

【0086】

次に、本発明の第3の実施例を説明する。第1の実施例では、図3のステップ506及びステップ514にて、レジストパターンの立体形状、あるいはレジストパターンから得られる分光特性の測定は、Scatterometryを利用した光CD測定器により行っていた。しかしながら、測定器はこれに限らず、例えば、レジストパターンの立体形状は、CD-AFM、あるいはSEMを用いてもよく、分光特性は、エリプソメトリ-を利用した分光器を用いても良い。

【0087】

続いて、本発明の第4の実施例を説明する。

【0088】

図3で説明したフォーカスのずれ量測定方法は、テストウェハ上のFEMパターンが露光された時のレジスト膜厚と、実素子パターンが露光された時の量産ウェハのレジスト膜厚が同じである、という前提の基に行われる例を示した。しかし、何らかの要因で、レジスト塗布条件がテストウェハと量産ウェハの間で異なり、テストウェハのレジスト膜厚 $t_1$  量産ウェハのレジスト膜厚 $t_2$  である場合がある。その場合、テストウェハで作成したライプラリが、レジストパターンの高さを説明変数として用いていたら、そのライプラリを量産ウェハにそのまま適用することは適当でない。なぜなら、フォーカス、あるいは露光量のずれ量を求めようとすると誤差が発生してしまうからである。その原因是、レジスト厚の変化は、そのままレジストパターンの立体形状の高さの変化に直接関係しているからである。図15は、X軸に、テストウェハと量産ウェハの双方の間に生じたレジスト膜厚差、Y軸に、レジスト膜厚差の値に対して発生する、フォーカスのシフト量の推定誤差の値を示したグラフである。そして、レジスト膜厚差が大きい程、誤差が大きくなることを示している。この場合、フォーカスに関するライプラリを構成する関係式を、説明変数としてのレジストパターンの“高さ”が有る、無しに応じて、以下の数式9及び10のように、2種類用意する。

【0089】

【数9】

$$(f_{\text{focus}1}) = f_4 \text{ (線幅、高さ、側壁角度)}$$

40

【0090】

【数10】

$$(f_{\text{focus}2}) = f_5 \text{ (線幅、側壁角度)}$$

【0091】

そして、数式9及び数式10で求めたフォーカス値を比較し、数式11であれば、レジスト膜厚差は発生していないと判断する。そして、 $f_{\text{focus}1}$ の値をフォーカスのシフト量とする。

【0092】

10

20

30

40

50

【数11】

(focus1) = (focus2)

【0093】

そして、数式12であれば、レジスト膜厚差が発生していると判断し、以下、数式13で表されるの値と、予めテーブルとして持っている、と膜厚差の関係から膜厚差を算出し、レジスト塗布工程に補正をかけてもよい。

【0094】

【数12】

(focus1) ≠ (focus2)

10

【0095】

【数13】

 $\Delta = (focus1) - (focus2)$ 

【0096】

このように、上述した露光方法は、露光量のオフセット量だけでなく、フォーカスのオフセット量も計測しているため、より高精度な露光が可能となる。また、上述した露光方法は、形状の情報及び前記ずれ量の情報に基づいて、露光量及びフォーカスのオフセット量を算出しているため、CDに影響する外的要因の変動があった場合でも、必ずしもライブラリを更新する必要がない。そのため、高い生産性を確保することができる。よって、高いスループットおよび高い経済性をもってデバイス（半導体素子、LCD素子、撮像素子（CCDなど）、薄膜磁気ヘッドなど）を製造することができる。

20

【0097】

次に、上記説明した半導体露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図16は、半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す。ステップS201（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行う。ステップS202（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップS203（ウェハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。ステップS204（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意したマスクとウェハを用いて、リソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。次のステップS205（組立て）は後工程と呼ばれ、作製されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の組立て工程を含む。ステップS206（検査）ではステップS205で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これを出荷（ステップS207）する。前工程と後工程はそれぞれ専用の別の工場で行い、これらの工場毎に上記説明した遠隔保守システムによって保守がなされる。また前工程工場と後工程工場との間でも、インターネットまたは専用線ネットワークを介して生産管理や装置保守のための情報がデータ通信される。

30

【0098】

図17は、上記ウェハプロセスの詳細なフローを示す。ステップS211（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップS212（CVD）ではウェハ表面に絶縁膜を成膜する。ステップS213（電極形成）ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップS214（イオン打込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップS215（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップS216（露光）では上記説明した露光装置によってマスクの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップS217（現像）では露光したウェハを現像する。ステップS218（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップS219（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことにより、ウェハ上に多重に回路パターンを形成する。上記工程で使用する露光装置は上記説明した管理

40

50

システムによって最適化がなされている。そのため、パラメータ固定による経時劣化等を未然に防ぐと共に、もし経時変化が発生しても量産現場を停止させず、且つ広範囲にわたって最適化修正が可能で、従来に比べて半導体デバイスの生産性を向上させることができる。

【0099】

尚、本発明の目的は、上述の装置又はシステムの機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、装置又はシステムに供給する。そして、その装置又はシステムのコンピュータ（C P U又はM P U等）が記憶媒体に格納されたプログラムコードを読みだして実行することによっても、達成されることは言うまでもない。

【0100】

この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述の機能を実現することとなり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体及び当該プログラムコードは本発明を構成することとなる。

【0101】

プログラムコードを供給するための記憶媒体としては、R O M、フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスク、光ディスク、光磁気ディスク、C D - R O M、C D - R、磁気テープ、不揮発性のメモリカード等を用いることができる。

【0102】

また、コンピュータが読み出したプログラムコードを実行することにより、上述の機能が実現されるだけではない。例えば、そのプログラムコードの指示に基づき、コンピュータ上で稼動しているO S等が実際の処理の一部又は全部を行い、その処理によって上述の機能が実現される場合も本発明の実施の態様に含まれることは言うまでもない。

【0103】

さらに、記憶媒体から読み出されたプログラムコードが、コンピュータに挿入された機能拡張ボードやコンピュータに接続された機能拡張ユニットに備わるメモリに書き込まれる。そして、その後、そのプログラムコードの指示に基づき、その機能拡張ボードや機能拡張ユニットに備わるC P Uなどが実際の処理の一部又は全部を行う。係る処理によって上述の機能が実現される場合も本発明の実施の態様に含まれることは言うまでもない。

【0104】

このようなプログラム又は当該プログラムを格納した記憶媒体に本発明が適用される場合、当該プログラムは、例えば、上述の図3に示されるフローチャートに対応したプログラムコードから構成される。

【図面の簡単な説明】

【0105】

【図1】本発明の半導体製造システムを示す概略構成図である。

【図2】図1に示す露光装置の構成を示す概略プロック図である。

【図3】図2に示す露光装置の露光方法を示すフローチャートである。

【図4】ウェハ上に形成されたF E Mパターンの各ショット内のレジストパターンの一部を拡大した平面図である。

【図5】図4に示すレジストパターンの立体形状測定値と、フォーカス値、及び露光量を示した表である。

【図6】ウェハ上に形成されたF E Mパターンの各ショット内のレジストパターンの一部を拡大した平面図である。

【図7】図6に示すレジストパターンの立体形状測定値と、フォーカス値、及び露光量を示したグラフである。

【図8】ウェハ上に形成されたF E Mパターンの各ショット内のレジストパターンの一部を拡大した平面図である。

【図9】図8の太枠領域から求めた線幅とフォーカスの関係を示すグラフである。

【図10】図4に示すF E Mパターンを構成するショットの中の任意の2ショットからそれぞれ得られる分光特性を示したグラフである。

10

20

30

40

50

【図11】図4に示すFEMパターンを構成する各ショットの露光条件（フォーカス、露光量）と、その各ショットから得られる分光特性の測定値を示す表である。

【図12】図4に示すFEMパターンの各ショットの分光特性の成分を射影した際に得られる係数 $a_k$ と、その時の露光条件の関係を示した表である。

【図13】ウェハ上に形成されたFEMパターンの各ショット内のレジストパターンを示す平面図である。

【図14】図13に示すレジストパターンでのフォーカスシフト、及び露光量のシフト量を算出するためのフローチャートである。

【図15】レジスト膜厚の変化によって生じる、フォーカスのずれ量に対する誤差を示すグラフである。

【図16】図2に示す露光装置を利用するデバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造方法のフローチャートである。

【図17】図16に示すステップ4の詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

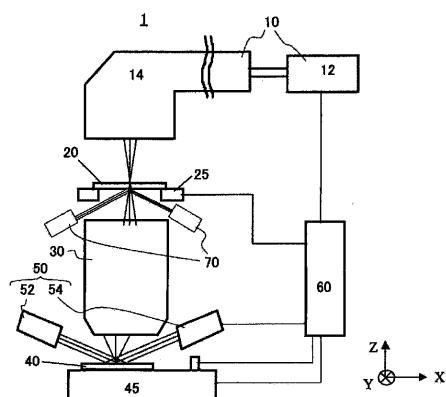
【0106】

- 1、2 露光装置
- 3 形状測定装置
- 4 中央処理装置
- 5 データベース
- 6 LAN

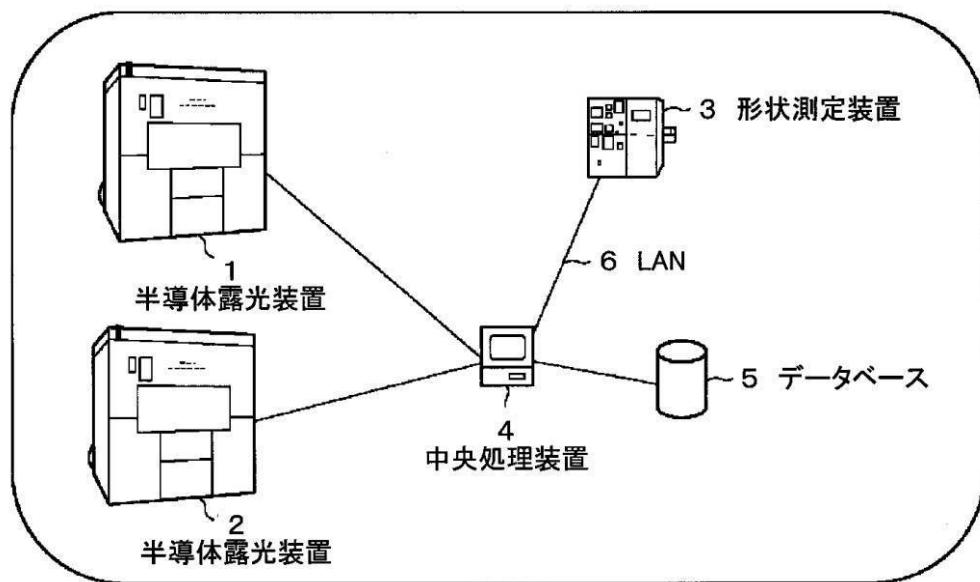
10

20

【図2】

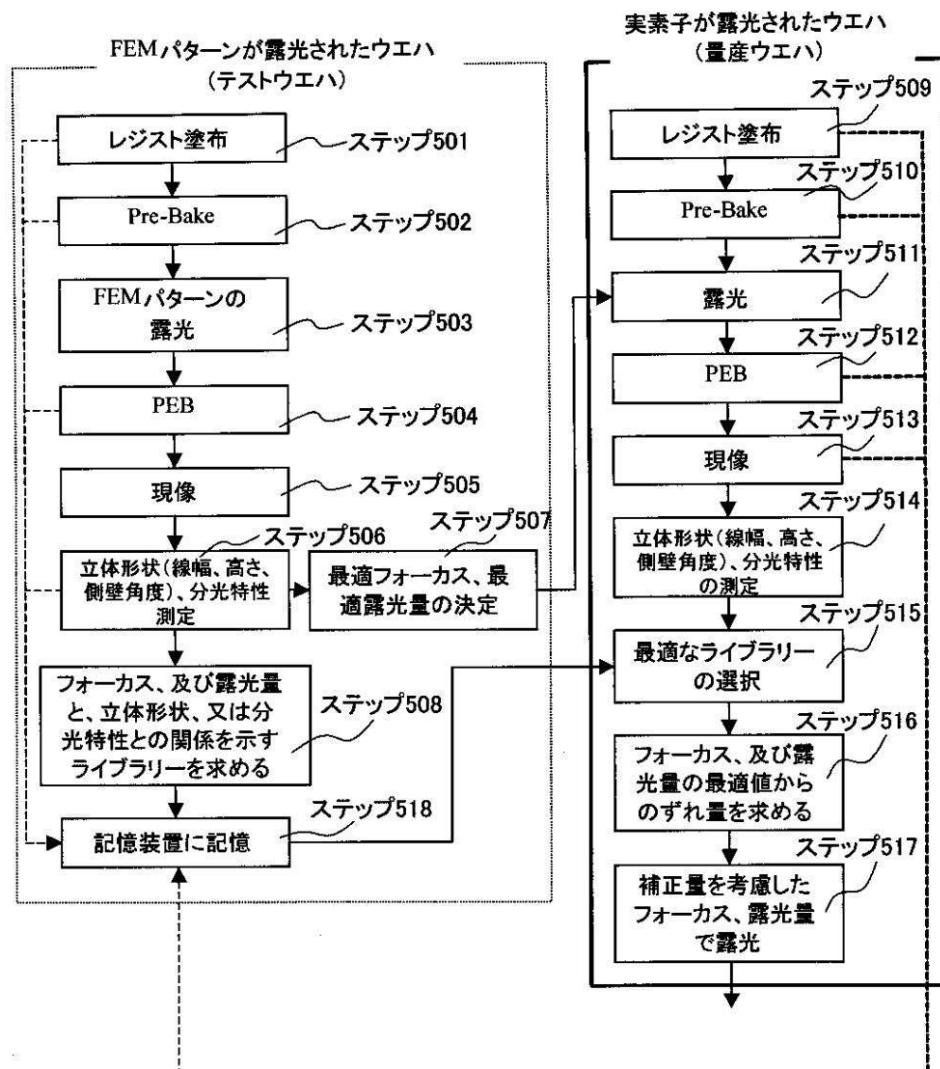


【図1】

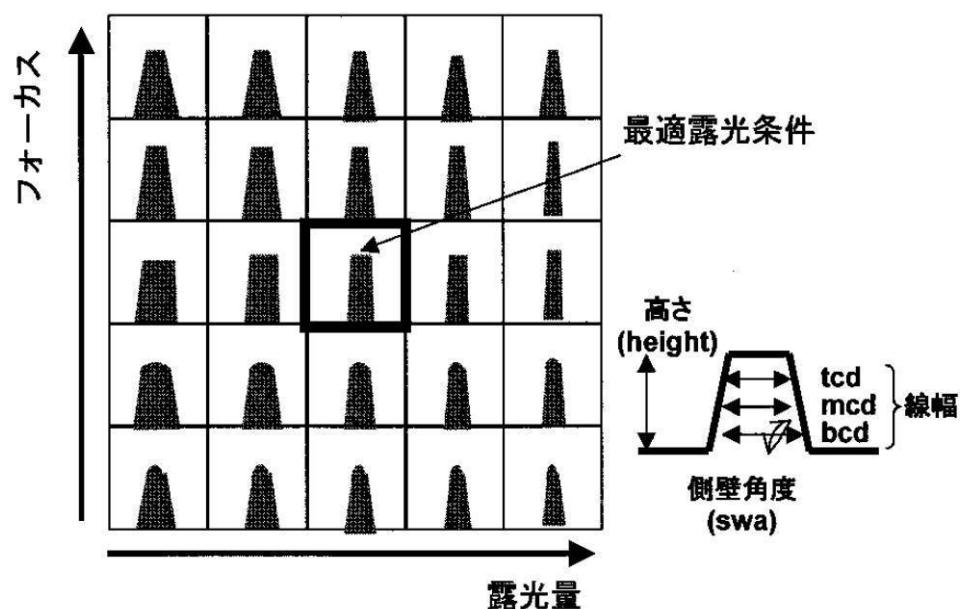


【図3】

500



【図4】

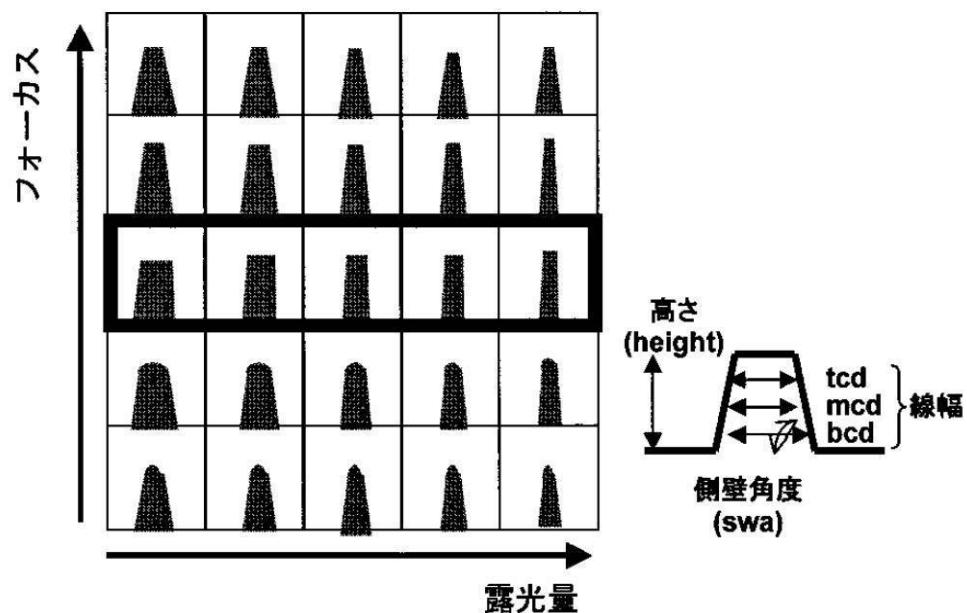


【図5】

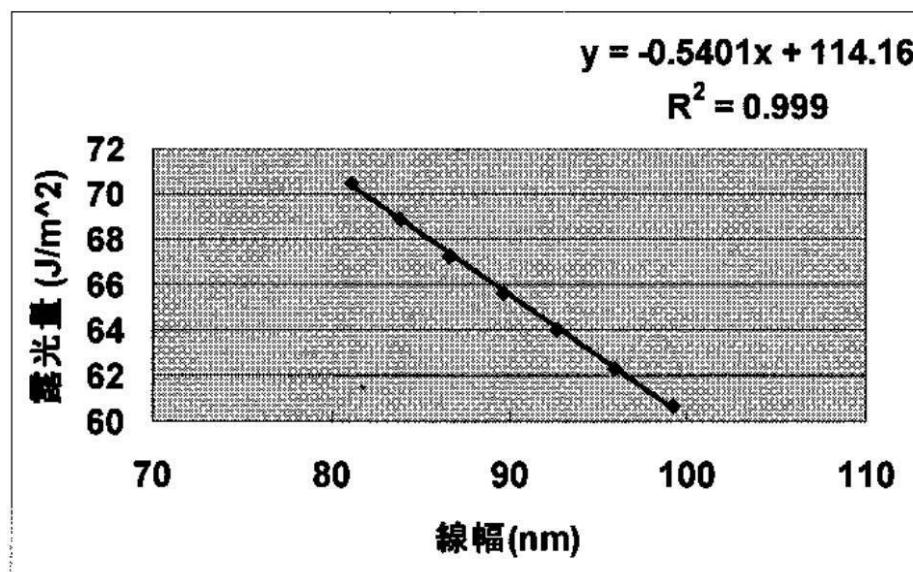
| focus | dose  | tcd(nm) | mcd(nm) | bcd(nm) | height(nm) | swa (deg.) |
|-------|-------|---------|---------|---------|------------|------------|
| -0.12 | 5.904 | 61.50   | 92.08   | 117.98  | 207.91     | 77.48      |
| -0.09 | 5.904 | 70.25   | 96.89   | 120.67  | 207.91     | 78.82      |
| -0.06 | 5.904 | 76.51   | 100.16  | 122.32  | 207.91     | 79.73      |
| -0.03 | 5.904 | 80.92   | 102.22  | 122.97  | 207.91     | 80.62      |
| 0     | 5.904 | 83.62   | 103.10  | 122.66  | 207.91     | 81.26      |
| 0.03  | 5.904 | 84.77   | 102.77  | 121.30  | 207.91     | 81.71      |
| 0.06  | 5.904 | 84.59   | 101.33  | 118.83  | 207.91     | 82.08      |
| 0.09  | 5.904 | 82.84   | 98.51   | 115.34  | 207.91     | 82.74      |
| 0.12  | 5.904 | 79.74   | 94.45   | 110.61  | 207.91     | 82.95      |
| -0.12 | 6.068 | 57.01   | 88.22   | 113.97  | 207.91     | 77.31      |
| -0.09 | 6.068 | 66.49   | 93.05   | 116.78  | 207.91     | 78.72      |

|      |       |       |       |       |        |       |
|------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 0.03 | 7.216 | 60.82 | 78.31 | 94.45 | 207.91 | 82.37 |
| 0.06 | 7.216 | 60.53 | 76.33 | 91.49 | 207.91 | 82.94 |
| 0.09 | 7.216 | 58.23 | 72.77 | 86.93 | 207.91 | 83.47 |
| 0.12 | 7.216 | 53.76 | 67.12 | 80.63 | 207.91 | 83.74 |

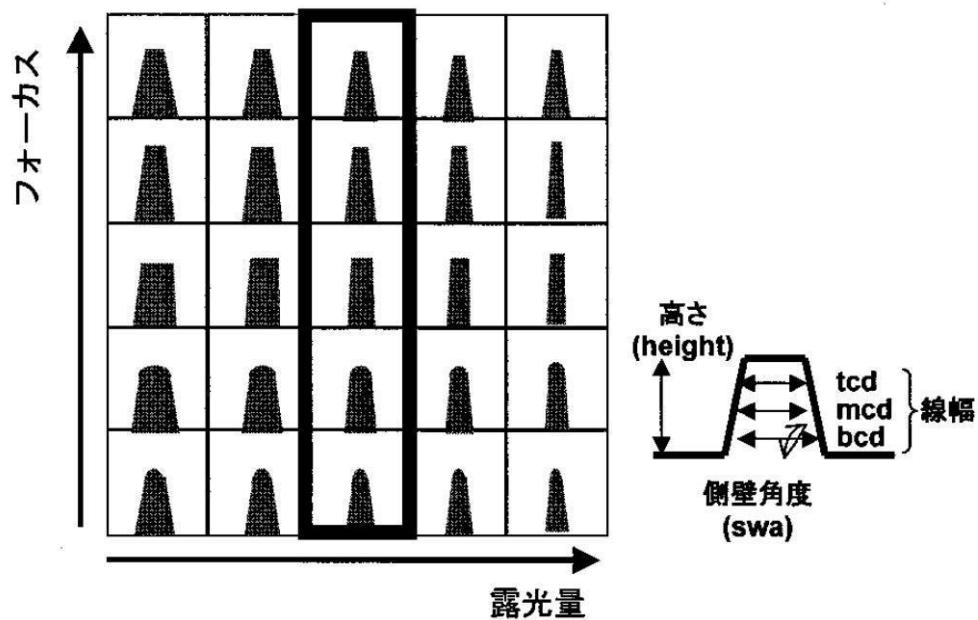
【図6】



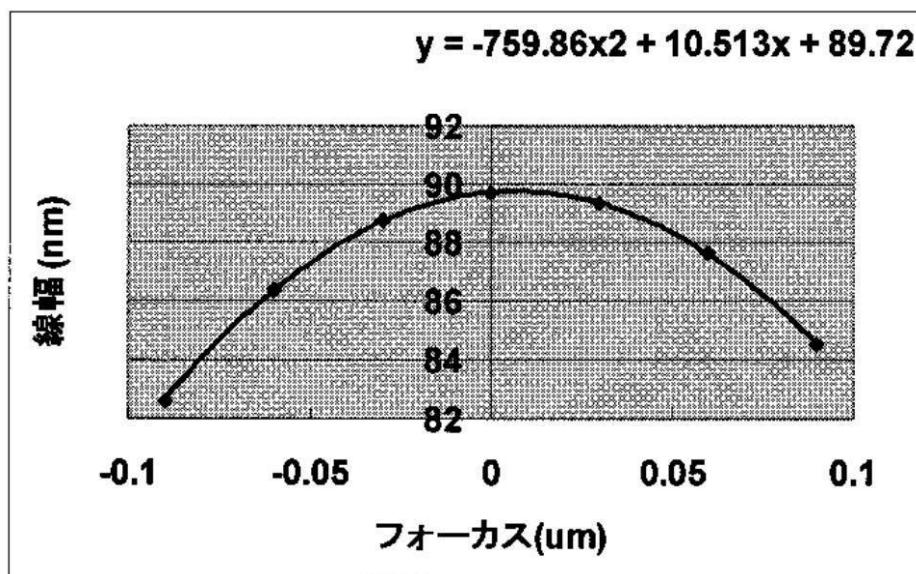
【図7】



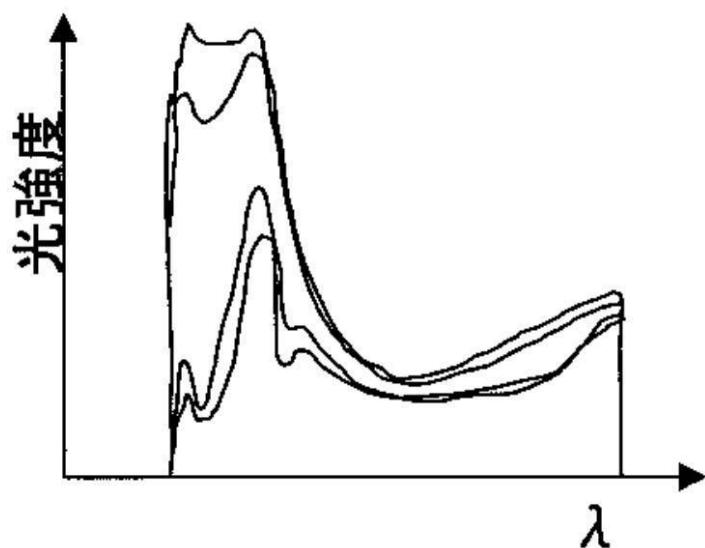
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

| focus | dose  | λ1   | λ2   | λ3   | ... | λN   |
|-------|-------|------|------|------|-----|------|
| -0.12 | 5.904 | s1-1 | s1-2 | s1-3 | ... | s1-N |
| -0.09 | 5.904 | s2-1 | s2-2 | s2-3 | ... | s2-N |
| -0.06 | 5.904 | s3-1 | s3-2 | s3-3 | ... | s3-N |
| -0.03 | 5.904 | s4-1 | s4-2 | s4-3 | ... | s4-N |
| 0     | 5.904 | s5-1 | s5-2 | s5-3 | ... | s5-N |

}

|      |       |       |       |       |     |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 0    | 7.216 | s21-1 | s21-2 | s21-3 | ... | s21-N |
| 0.03 | 7.216 | s22-1 | s22-2 | s22-3 | ... | s22-N |
| 0.06 | 7.216 | s23-1 | s23-2 | s23-3 | ... | s23-N |
| 0.09 | 7.216 | s24-1 | s24-2 | s24-3 | ... | s24-N |
| 0.12 | 7.216 | s25-1 | s25-2 | s25-3 | ... | s25-N |

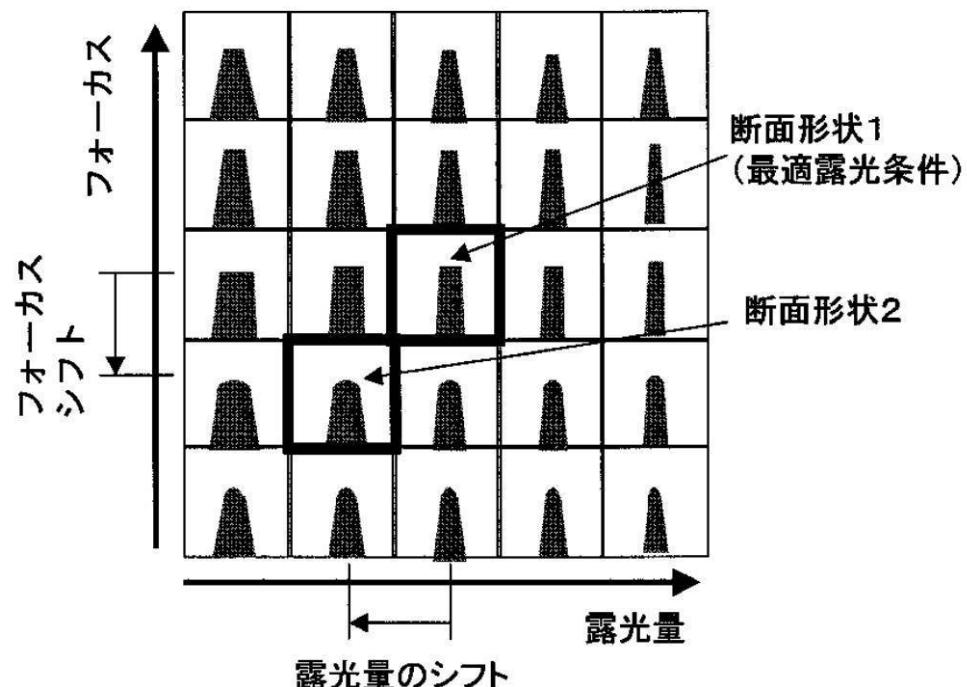
【図12】

| focus | dose  | p1   | p2   | p3   | ... | pk   |
|-------|-------|------|------|------|-----|------|
| -0.12 | 5.904 | a1-1 | a1-2 | a1-3 | ... | a1-k |
| -0.09 | 5.904 | a2-1 | a2-2 | a2-3 | ... | a2-k |
| -0.06 | 5.904 | a3-1 | a3-2 | a3-3 | ... | a3-k |
| -0.03 | 5.904 | a4-1 | a4-2 | a4-3 | ... | a4-k |
| 0     | 5.904 | a5-1 | a5-2 | a5-3 | ... | a5-k |

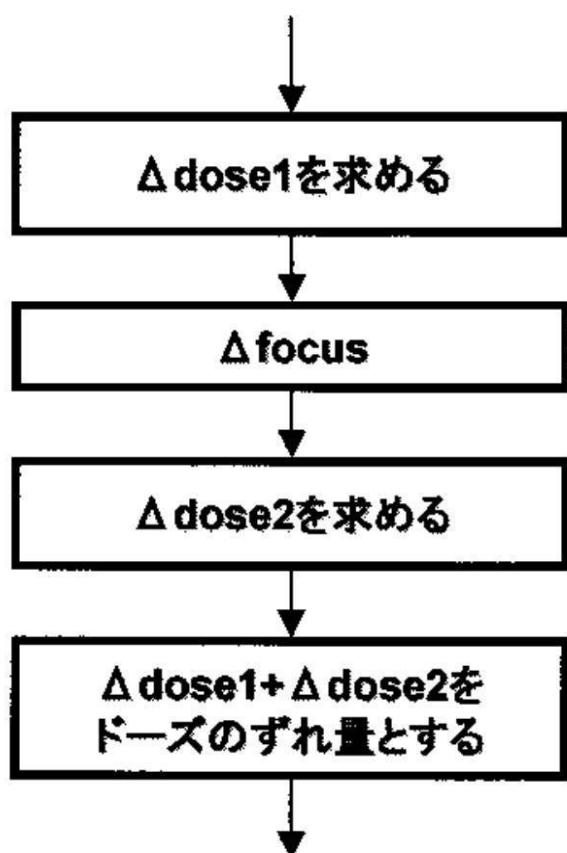
}

|      |       |       |       |       |     |       |
|------|-------|-------|-------|-------|-----|-------|
| 0    | 7.216 | a21-1 | a21-2 | a21-3 | ... | a21-k |
| 0.03 | 7.216 | a22-1 | a22-2 | a22-3 | ... | a22-k |
| 0.06 | 7.216 | a23-1 | a23-2 | a23-3 | ... | a23-k |
| 0.09 | 7.216 | a24-1 | a24-2 | a24-3 | ... | a24-k |
| 0.12 | 7.216 | a25-1 | a25-2 | a25-3 | ... | a25-k |

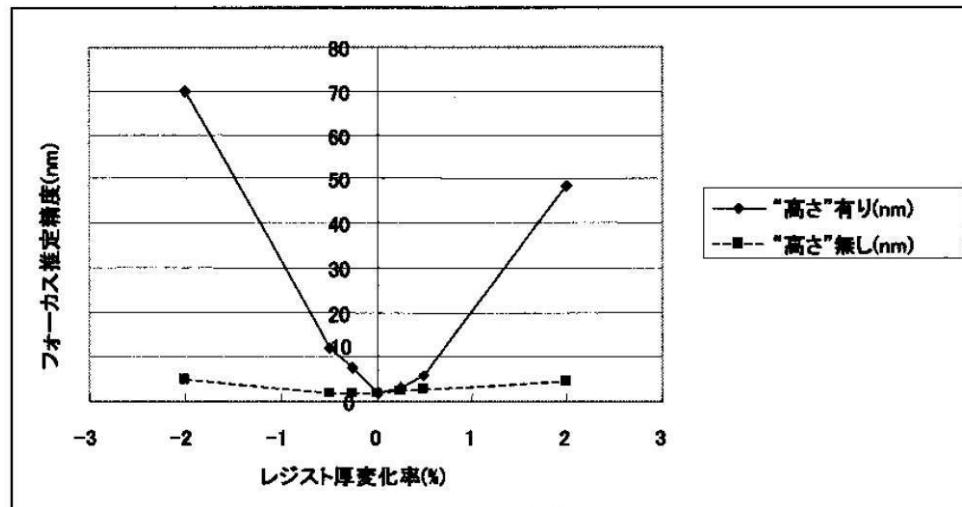
【図13】



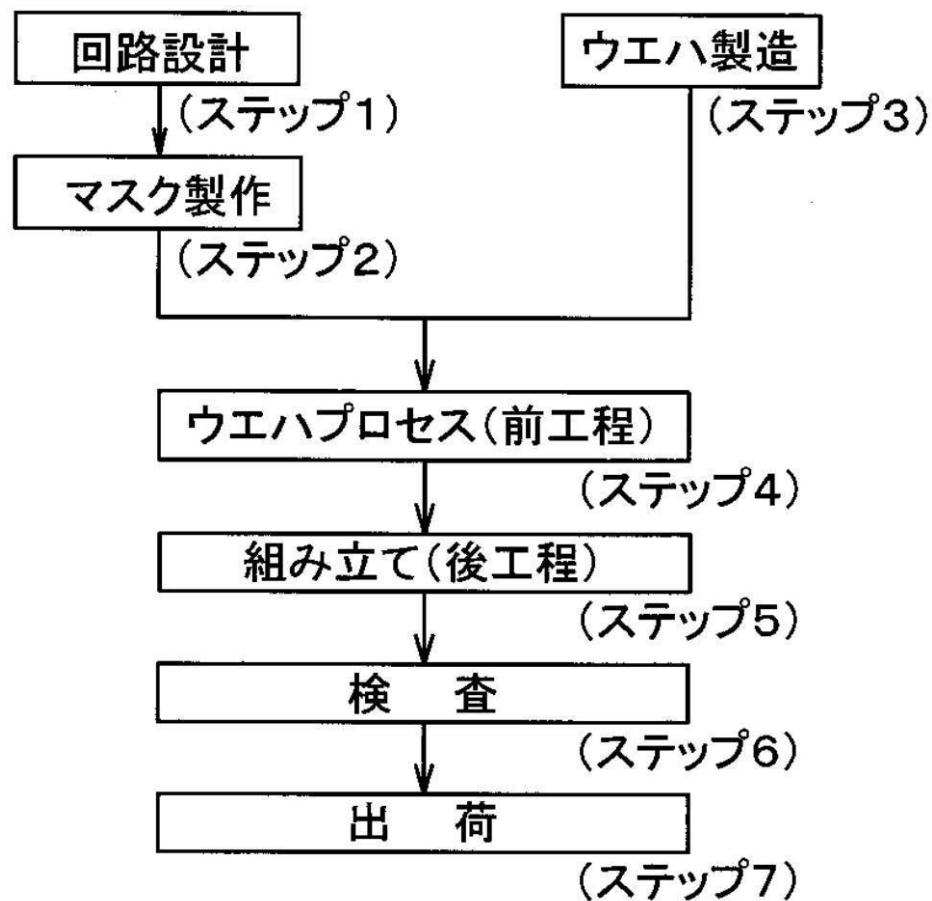
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

