

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4401814号  
(P4401814)

(45) 発行日 平成22年1月20日(2010.1.20)

(24) 登録日 平成21年11月6日(2009.11.6)

(51) Int. Cl.		F I	
GO 1 B	15/00 (2006.01)	GO 1 B	15/00 B
GO 1 B	3/30 (2006.01)	GO 1 B	3/30
HO 1 J	37/20 (2006.01)	HO 1 J	37/20 Z
HO 1 J	37/28 (2006.01)	HO 1 J	37/28 B

請求項の数 9 (全 17 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-49218 (P2004-49218)</p> <p>(22) 出願日 平成16年2月25日(2004.2.25)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-241328 (P2005-241328A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年9月8日(2005.9.8)</p> <p>審査請求日 平成18年10月31日(2006.10.31)</p> <p>前置審査</p>	<p>(73) 特許権者 501387839 株式会社日立ハイテクノロジーズ 東京都港区西新橋一丁目2 4 番 1 4 号</p> <p>(74) 代理人 110000350 ポレール特許業務法人</p> <p>(72) 発明者 中山 義則 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内</p> <p>審査官 大和田 有軌</p>
---	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 測長用標準部材及び電子ビーム測長装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第 1 の回折格子単位パターンと、

前記第 1 の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい回折格子の配列よりなる第 2 の回折格子単位パターンとを含み、

前記第 1 の回折格子単位パターンが 2 次元で前記回折格子の格子溝に対して横方向、縦方向のそれぞれに等ピッチで配列されており、前記第 1 の回折格子単位パターンの配列の一部が前記第 2 の回折格子単位パターンで置換された構成を有することを特徴とする測長用標準部材。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の測長用標準部材において、前記第 2 の回折格子単位パターンが 2 次元で前記横方向と縦方向のそれぞれに等ピッチで配列されていることを特徴とする測長用標準部材。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の測長用標準部材において、前記第 2 の回折格子単位パターンの最小ピッチ寸法が、1 0 0 n m 以下であることを特徴とする測長用標準部材。

【請求項 4】

基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第 1 の回折格子単位パターンを 2 次元で前記回折格子の格子溝に対して横方向、縦方向の

それぞれに等ピッチで複数配置した第1のパターン領域と、

前記第1の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい回折格子の配列よりなる第2の回折格子単位パターンを複数配置した第2のパターン領域とを備え

前記第2のパターン領域が、前記第1のパターン領域の近傍に配置されてなることを特徴とする測長用標準部材。

【請求項5】

請求項1に記載の測長用標準部材において、前記基板上に、測長に使用するプローブ手段の位置決め用マークパターンを備えたことを特徴とする測長用標準部材。

【請求項6】

請求項4に記載の測長用標準部材において、前記第2のパターン領域に、複数の前記第2の回折格子単位パターンの各々の位置情報を含む複数のマークパターンを含むことを特徴とする測長用標準部材。

10

【請求項7】

試料を保持する試料ステージと、  
前記試料ステージ上の試料に対して電子ビームを走査する照射光学系と、  
前記電子ビーム走査により発生する二次電子線を検出する二次電子検出器と、  
前記検出器から得られる信号波形を解析することにより前記試料を測長する演算処理手段と、

測長結果が表示される表示手段と、

前記試料ステージ上に保持された測長用標準部材とを有し、

20

前記測長用標準部材は、

基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第1の回折格子単位パターンと、前記第1の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい複数の回折格子の配列よりなる第2の回折格子単位パターンとを備え、

前記第1の回折格子単位パターンが2次元で前記回折格子の格子溝に対して横方向、縦方向のそれぞれに等ピッチで配列されており、前記第1の回折格子単位パターンの配列の一部が前記第2の回折格子単位パターンで置換された構成を有することを特徴とする電子ビーム測長装置。

【請求項8】

試料を保持する試料ステージと、  
前記試料ステージ上の試料に対して電子ビームを走査する照射光学系と、  
前記電子ビーム走査により発生する二次電子線を検出する二次電子検出器と、  
前記検出器から得られる信号波形を解析することにより前記試料を測長する演算処理手段と、

30

測長結果が表示される表示手段と、

前記測長結果を校正するための基準寸法値が格納された記憶手段と、

前記試料ステージ上に保持された測長用標準部材とを有し、

前記記憶手段に格納した基準寸法値は、前記測長用標準部材から取得した基準寸法値であり、

当該測長用標準部材には、

40

基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第1の回折格子単位パターンと、前記第1の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい複数の回折格子の配列よりなる第2の回折格子単位パターンとが形成されており、

前記第1の回折格子単位パターンが2次元で前記回折格子の格子溝に対して横方向、縦方向のそれぞれに等ピッチで配列されており、前記第1の回折格子単位パターンの配列の一部が前記第2の回折格子単位パターンで置換された構成を有することを特徴とする電子ビーム測長装置。

【請求項9】

請求項7または8に記載の電子ビーム測長装置において、

測長結果と前記ピッチ寸法の差の許容限界である基準値を格納する記憶手段をさらに有

50

し、

前記差が前記基準値と比較して大きい場合には前記表示手段に異常が表示されることを特徴とする電子ビーム測長装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電子ビーム測長に用いられる測長用標準部材を含む電子ビーム測長技術に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の測電子ビーム測長に用いられる測長用標準部材は、半導体基板上にレーザ干渉露光と異方性湿式エッチングにより作製した回折格子が用いられてきた。その校正方法は、波長の絶対精度が保証されたレーザ光を用いた回折格子の回折角測定により行われている（例えば、特許文献1参照）。

【0003】

【特許文献1】特開平7-71947号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上記従来の標準部材で可能な最小寸法は、レーザ干渉露光法の解像限界によっており、用いるレーザ光の波長の2分の1がピッチ寸法の限界である。現在レーザ干渉露光装置で用いられている波長351.1nmのアルゴンイオンレーザではピッチ寸法で約200nmが限界である。また、レーザ光源をより短波長に替えた露光装置も技術課題が多く、開発が困難である。同様に、校正に用いるレーザ光を用いた回折格子の回折角測定でも測定限界があり、最小ピッチ寸法が約200nm以下では計測が困難である。

【0005】

一方、半導体デバイスの微細化が加速されているために最小加工寸法が100nmを切ってきた。この超微細加工の寸法管理には電子ビーム測長装置が用いられているが、かかる装置の絶対精度管理のためには寸法標準部材が不可欠である。しかしながら、従来の寸法標準部材では最新の半導体デバイスの最小加工寸法には対応ができなくなる。

【0006】

また、レーザ干渉露光法を用いた回折格子パターンニングでは、単純なライン&スペースパターンしか原理的に作製できない。このために試料全面に同じパターンができてしまうので、位置決めマークを形成できないため寸法を値付けする装置および測長装置での校正時にどの位置の回折格子パターンを使ったのが厳密には特定できない。電子ビーム測長装置の場合には、ビーム照射に伴うコンタミネーション付着のため試料の寸法変動を引き起こすために、特定のパターンを使い続けると校正精度の劣化を引き起こす。

【0007】

本発明は、上記の点に鑑みてなされたものであり、より微細な基準寸法を有する測長用標準部材を提供し、かつ、それを含む高精度電子ビーム測長技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために、本発明では、従来の回折格子パターンとは別にさらに微細なパターン領域を複数同一半導体部材上に形成することを基本構成とする。すなわち、従来の回折格子パターンであるピッチ寸法約200nm以上の回折格子パターンを、レーザ光を用いた回折格子の回折角測定によりそのピッチ寸法を求め、絶対寸法として用いる。この回折格子パターンとは別に、最小ピッチ寸法が100nm以下の格子パターンを同一半導体部材上に形成する。このパターンの値付けは、従来の波長が絶対的に保証されたレーザ光を用いた回折格子の回折角測定では不可能なので、電子ビーム測長装置もしくは探

10

20

30

40

50

針プローブ顕微鏡を用い、または波長が絶対的に保証されていない極紫外光の短波長レーザを用い、絶対寸法値として上記で求めた従来の回折格子パターンのピッチ寸法を基準として用いる。

【0009】

これにより、電子ビームや探針プローブの同一走査範囲以上の長さのパターンを配置させることで位置決めが容易な校正が可能となる。また、このパターンの近傍に他のパターンと区別が容易な形状をしたマークパターンを配置することで電子ビームや探針プローブで測定した位置情報を記録しておくことが可能である。このように、従来のレーザ光を用いた回折格子の回折角測定が可能パターンと最新の半導体デバイスの最小加工寸法に対応した微細パターンを同一部材内に配置させることで微細性と高精度を両立した寸法標準部材および校正が可能となる。

10

【0010】

また、同一部材内に縦方向のパターンと横方向のパターンを配置させることで従来にない縦・横両方の寸法校正が同じ精度で実現できる。これらのパターン単位間の距離を20 $\mu$ m以内にすることで電子ビーム測長装置の光学条件を同じ状態で校正できるので高精度化が実現できる。

【0011】

次に、この寸法標準部材の作製について述べる。従来の回折格子パターンと最新の半導体デバイスの最小加工寸法に対応した微細パターンを同一部材内に配置させるには、従来の寸法標準部材で用いたレーザ干渉露光法では解像性およびパターン創生の自由度の点で不可能である。そこで、本発明では、解像性に優れパターン形状の制約のない電子ビーム描画法を用いる。特に、試料面内の均一性を向上させた高精度な寸法標準部材作製のためには、所望のパターンをステンシルマスクに作りこんで電子ビームで縮小投影露光を行う電子ビーム一括図形照射法が有効である。すなわち、複数種の縦横方向の格子状の描画パターンは全てステンシルマスクに作りこんであるので、これをビーム偏向により選択し繰り返し露光することで各ショット毎に寸法変動することはなく再現性の良いパターンングが可能である。このパターンング方法とドライエッチングを組み合わせることにより、微細で電子ビーム測長装置や探針プローブ顕微鏡に適した寸法標準部材の作製が可能になる。また、ステンシルマスクの中に矩形開口を作りこんでおけば、可変成形描画法によりパターン種類数に制限のない描画ができる。

20

30

【0012】

この標準部材で電子ビーム測長装置を校正する際、微細な寸法を測長する場合には、電子ビーム測長装置もしくは探針プローブ顕微鏡を用い、または極紫外光の短波長レーザを用い、値付けした微細な格子パターンで寸法校正を行う。この校正後に波長が絶対的に保証されたレーザ光を用いて、値付けされた回折格子のピッチ寸法を測長することで、上記校正が正しく行われたかを確認できる。上記測定値と回折角で求めたピッチ寸法が基準値を超える場合には、電子ビーム測長装置で警報を発する構成とし、別の微細パターンを用いる。すなわち、マークパターンを基準に、前に測った微細格子以外の場所の微細パターンを用いて再度電子ビーム測長装置を校正することにより、その高い校正精度が維持できる。

40

【0013】

以下、本発明の代表的構成例について述べる。

【0014】

(1)本発明の測長用標準部材は、基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第1の回折格子単位パターンと、前記第1の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい回折格子の配列よりなる第2の回折格子単位パターンとを含むことを特徴とする。

【0015】

(2)前記(1)に記載の測長用標準部材において、前記第2の回折格子単位パターンの最小ピッチ寸法が、100nm以下であることを特徴とする。

50

## 【0016】

(3) 前記(1)に記載の測長用標準部材において、前記基板上に、前記第1の回折格子単位パターンを複数配置した第1のパターン領域と、前記第2の回折格子単位パターンを複数配置した第2のパターン領域を備えたことを特徴とする。

## 【0017】

(4) 前記(1)に記載の測長用標準部材において、前記基板上に、測長に使用するプローブ手段の位置決め用マークパターンを備えたことを特徴とする。

## 【0018】

(5) 前記(3)に記載の測長用標準部材において、前記第2のパターン領域に、複数の前記第2の回折格子単位パターンの各々の位置情報を含む複数のマークパターンを含むことを特徴とする。

10

## 【0019】

(6) 前記(1)に記載の測長用標準部材において、前記基板上に、前記第1の回折格子単位パターンを構成する前記回折格子とは異なる方向(例えば、縦・横方向)に配列された回折格子よりなる第3の回折格子単位パターンと、前記第2の回折格子単位パターンを構成する前記回折格子とは異なる方向(例えば、縦・横方向)に配列された回折格子よりなる第4の回折格子単位パターンとを有し、前記第4の回折格子単位パターンのピッチ寸法は、前記第3の回折格子単位パターンのピッチ寸法よりも小さいことを特徴とする。

## 【0020】

(7) 前記(6)に記載の測長用標準部材において、前記基板上に、前記第1の回折格子単位パターンを複数配置した第1のパターン領域と、前記第2の回折格子単位パターンを複数配置した第2のパターン領域と、前記第3の回折格子単位パターンを複数配置した第3のパターン領域と、前記第4の回折格子単位パターンを複数配置した第4のパターン領域とを備えたことを特徴とする。

20

## 【0021】

(8) 前記(6)に記載の測長用標準部材において、前記第1の回折格子単位パターンと前記第3の回折格子単位パターンとが互いに格子状に配置され、かつ、前記第2の回折格子単位パターンと前記第4の回折格子単位パターンとが互いに格子状に配置されていることを特徴とする。

## 【0022】

(9) 前記(1)又は(6)に記載の測長用標準部材において、前記各回折格子単位パターン間の距離が、 $20\mu\text{m}$ 以内であることを特徴とする。

30

## 【0023】

(10) 本発明の電子ビーム測長装置の校正方法は、電子ビームを試料の所定領域に走査して測長を行なう電子ビーム測長装置を測長用標準部材を用いて校正する方法であって、前記測長用標準部材には、基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第1の回折格子単位パターンと、前記第1の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい回折格子の配列よりなる第2の回折格子単位パターンとを備え、第1の回折格子単位パターンを測長し、その測長結果と前記ピッチ寸法の差を計算して基準値と比較し、前記差が基準値より大きい場合には、前記第2の回折格子単位パターンを測長して前記測長値を校正するようにしたことを特徴とする。

40

## 【0024】

(11) 本発明の電子ビーム測長装置は、試料を保持する試料ステージと、前記試料ステージ上の試料に対して電子ビームを走査する照射光学系と、前記電子ビーム走査により発生する二次電子線を検出する二次電子検出器と、前記検出器から得られる信号波形を解析することにより前記試料を測長する演算処理手段と、測長結果が表示される表示手段と、前記測長結果を校正するための基準寸法値が格納された記憶手段と、前記試料ステージ上に保持された測長用標準部材とを有し、前記測長用標準部材には、基板上に、光学的手段により予めピッチ寸法が求められている回折格子の配列よりなる第1の回折格子単位パターンと、前記第1の回折格子単位パターンよりもピッチ寸法の小さい複数の回折格子の

50

配列よりなる第2の回折格子単位パターンとを備え、前記演算処理手段は、前記測長結果と前記基準寸法値とを比較し、その差が一定値を超えた場合には、前記表示手段により校正の異常を表示するよう構成したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0025】

本発明によれば、より微細な基準寸法を有する測長用標準部材を提供し、かつ、それを含む高精度電子ビーム測長技術を実現できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下、本発明の実施例について、図面を参照して詳述する。

10

【0027】

図1～図5に、本発明のビーム測長用標準部材の一例を示す。また、図6に従来の電子ビーム測長装置用寸法標準部材を示す。

【0028】

従来は、面方位(110)の半導体基板上の凹凸の溝パターンを、図6に示すように一定方向の回折格子パターン28としてレーザ干渉露光法と湿式エッチングにより作製していた。回折格子28のピッチ寸法は約200nmであり、この値はレーザを用いた回折角測定により求められている。回折格子パターン28は、4mm角の標準部材基板27の全面に様に形成されている。この部材を用いて電子ビーム測長装置を校正する場合には、以下の問題がある。

20

【0029】

まず、第1の問題が微細性である。最新の半導体パターンでは最小加工寸法が100nmを切るものが現れてきている。しかしながら、レーザ干渉露光による従来の回折格子パターンでは最小ピッチ寸法は200nmであり、半導体パターンを測長する二十万倍以上の画像視野には回折格子パターンの1ピッチ分が入りきらなくなるために、この倍率での寸法校正ができなくなった。第2の問題は試料全体が一様なパターンであるため校正位置の特定ができないことである。このために試料内の複数点を測長し、その平均を求めるために校正に時間がかかった。また、面方位(110)の半導体基板上の凹凸パターンでは一方向の回折格子しか作製ができない。このために一方向のみの寸法校正しかできない欠点があった。

30

【0030】

これに対して、本発明では、パターン露光方法として電子ビーム一括露光法を用い、エッチングにはドライエッチングを用いた。この方法では、ピッチ寸法100nm以下のパターンングが可能であるが、このピッチ寸法の回折格子では、波長限界のため絶対寸法としてその波長が値付けされているレーザ光による光学的回折角測定が困難であった。

【0031】

そこで、図1に示すような回折格子パターンを標準部材基板5の校正用パターン領域3に作製した。この回折格子パターンは、長さ2 $\mu$ m、ピッチ200nmで直線溝が10本並んだ回折格子単位パターン1が、縦方向に2.5 $\mu$ mピッチ、横方向に2.4 $\mu$ mピッチで配列されている。この配列の一部に、図のように長さ2 $\mu$ m、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン2が配置されている。また、校正用パターン領域3の周辺には、測長に使用するプローブ手段の位置決め用の十字マーク400、401が配置されている。標準部材には、これらのパターンを含んだ5mm角の標準部材基板5と上記回折格子単位パターンの直線溝を縦方向(もしくは、横方向)に配列させた格子配列を含んだ校正用パターン領域が配置されている。

40

【0032】

この標準部材に、波長が絶対寸法として保証されているHe-Cdレーザを照射して回折角を測定することにより、ピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン1のピッチ寸法が200.01nmであることが精度0.01nmで値付けられた。また、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン2のピッチ寸法は、走査型プロ

50

ーブ顕微鏡（例えば、AFM）を用いて以下のように求め、100.45 nmと値が得られた。まず、回折格子単位パターンを探すために位置決め用の十字マーク400、401を用いて標準部材と走査型プローブ顕微鏡の移動方向の平行性を補正し、各回折格子単位への位置決めが2 μm以下になるようにする。次に、配列内のピッチ200 nmで10本の回折格子単位パターン1のピッチ寸法を測長し、この値を200.01 nmとすることで走査型プローブ顕微鏡の寸法校正を行った後、回折格子単位パターン2のピッチ寸法を測定する。回折格子単位パターン2は長さが2 μmあるので100%の正しさで走査型プローブ顕微鏡の走査を回折格子単位パターンに位置決めでき、そのピッチ寸法を19ピッチ分の測定から求めることができた。同様にして、20点以上の異なる回折格子単位パターン2のピッチ寸法を求め、その平均値として100.45 nmが得られた。

10

**【0033】**

次に、この測長用標準部材を用いた電子ビーム測長装置の校正について説明する。50 nm設計寸法のデバイスパターンが含まれた試料ウェーハ32とホルダー34に取り付けられた標準部材35が、図7のように電子ビーム測長装置のステージ33に搭載されている。50 nm設計寸法のデバイスパターンを測長する場合には、電子ビーム測長装置の倍率を20万倍以上で行う。この倍率で従来の寸法標準であるピッチ200 nmの回折格子では電子光学系29により絞られた電子ビーム30の走査の中に1ピッチが入らなくなってしまうので装置の校正ができない。

**【0034】**

この倍率の校正については、電子ビーム測長装置にて回折格子単位パターン2のピッチ寸法を測定する。まず、ピッチ100 nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン2を探すために位置決め用の十字マーク400、401を用いて試料と電子ビーム測長装置の移動方向の平行性を補正する。次に、配列内の回折格子単位パターン2のピッチ寸法を二次電子信号検出器31からの二次電子信号波形で測定する。同様にして、20点以上の異なる回折格子単位パターン2のピッチ寸法を求め、その平均値を100.45 nmとすることで校正ができた。

20

**【0035】**

この校正の正しさを確認するために、配列内のピッチ200 nmで10本の回折格子単位パターン1のピッチ寸法を1ピッチが走査範囲に入る倍率である10万倍にして測長し、200.06 nmを得た。この標準部材では、ピッチ100 nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン2と、ピッチ200 nmで10本の回折格子単位パターン1との距離は2.5 μmであり、電子ビーム測長装置の電子光学系29のフォーカス条件を変えない状態で測長ができる範囲である20 μm以内であることから、高精度な校正が実現できる。その結果、回折角の測定から得られたピッチ寸法200.01 nmとの差異が0.05 nmとなり、良好な結果が得られた。

30

**【0036】**

次に、本発明による測長用標準部材の作製方法について述べる。まず、Si基板上に100 nm以下の酸化膜を形成後、レジストを表面に塗布する。次に、図8に示した作製フローにより、図9に示した開口10、11を有したステンシルマスクを搭載した電子ビーム一括露光装置でパターン形成を行った。

40

**【0037】**

ビーム偏向により校正用パターンのひとつであるピッチ200 nmで10本の回折格子単位パターンに相当する開口38を選択して上記試料上の所望の位置にビーム偏向により露光する（ステップ81）。この描画の照射量（ドーズ）は、ピッチ200 nmで10本の回折格子単位パターン解像に適した10 μC/cm<sup>2</sup>とした（ステップ82）。

**【0038】**

次に、ビーム偏向により校正用パターンのもうひとつのパターンであるピッチ100 nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターンに相当する開口40を選択して、上記試料上の所望の位置にビーム偏向により露光する（ステップ83）。この描画の照射量は、ピッチ100 nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン解像に適した15 μC/

50

$\text{cm}^2$ とした(ステップ84)。

【0039】

次に、可変成形用矩形開口36を用いて回折格子パターンが露光されている周囲の左右に試料回転補正用のマーク400、401を電子ビーム可変成形法で露光する(ステップ85)。この描画の照射量は、マークパターン解像に適した $7\mu\text{C}/\text{cm}^2$ とした(ステップ86)。

【0040】

同様にして、横方向の回折格子パターンについても描画を行った。ビーム偏向により校正用パターンのひとつであるピッチ200nmで10本の回折格子単位パターンに相当する開口37を選択して、上記試料上の所望の位置にビーム偏向により、横方向の回折格子パターンを露光する。この描画の照射量は、ピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン解像に適した $10\mu\text{C}/\text{cm}^2$ とした。次に、ビーム偏向により校正用パターンのもうひとつのパターンであるピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターンに相当する開口39を選択して上記試料上の所望の位置にビーム偏向により露光する。この描画の照射量はピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン解像に適した $15\mu\text{C}/\text{cm}^2$ とした。

【0041】

現像後、レジストをマスクとして酸化膜をエッチングし、次にドライエッチングにより、Si基板をエッチングする(ステップ87)。

【0042】

描画では、上記のように電子ビーム露光において回折格子パターンの方向を縦・横両方向を同一基板上に作製しておく。回折格子パターンとして電子ビーム一括露光方を用いることにより、試料のどの位置でも同じステンシルマスクを用いて露光するために寸法バラツキ5nm以下の均一なパターン形成が可能であった。

【0043】

なお、図1に示すようなパターンの実施例においては、各回折格子間の距離を短くとることができるので、SEMでの値付けが正確にできるという利点を有する。

【0044】

図2に、本発明による測長用標準部材の別の実施例を示す。図2では、回折格子パターンは、長さ $2\mu\text{m}$ 、ピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン6が、縦方向に $2.5\mu\text{m}$ ピッチ、横方向に $2.4\mu\text{m}$ ピッチで2mm角の校正用パターン領域8に配列されている。この領域の近傍に、図のように長さ $2\mu\text{m}$ 、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン7を2mm角の校正用パターン領域9に配列させたものを配置した。また、上記回折格子パターンの周辺には、位置決め用の十字マーク100、101が配置されている。

【0045】

標準部材基板5には、これらのパターンのほかに、図示のように上記回折格子単位の直線を横方向に配列させた格子配列を含んだ2mm角の校正用パターン領域11、12がそれぞれ配置されている。図3に、その詳細を示す。校正用パターン領域11、12には、回折格子単位パターン13、14が、それぞれ回折格子単位パターン6、7と同じ長さ、同じピッチで横方向に配列されている。

【0046】

この標準部材のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン6が縦方向に $2.5\mu\text{m}$ ピッチ、横方向に $2.4\mu\text{m}$ ピッチで配列された2mm角の領域に波長が絶対寸法として保証されているHe-Cdレーザを照射して回折角を測定することにより、回折格子単位パターン6のピッチ寸法が $200.02\text{nm}$ であることが精度 $0.01\text{nm}$ で値付けられた。また、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン7のピッチ寸法は、波長193nmの極紫外固体レーザによる回折角測定により $100.40\text{nm}$ の値が得られた。この測定では、まずピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン6のピッチ寸法を同じ波長193nmの極紫外固体レーザによる回折角測定により測定し、

10

20

30

40

50



波長が絶対寸法として保証されているHe-Cdレーザを照射して回折角を測定することにより200.02nmの値が得られた。これにより、波長193nmの極紫外固体レーザによる回折角測定が校正されている。

【0047】

次に、この測長用標準部材を用いた電子ビーム測長装置の校正について説明する。50nm設計寸法のデバイスパターンが含まれた試料ウェーハ32と標準部材が、図7のように電子ビーム測長装置に搭載されている。50nm設計寸法のデバイスパターンを測長する場合には、電子ビーム測長装置の倍率を20万倍以上で行う。この倍率で従来の寸法標準であるピッチ200nmの回折格子では電子ビーム走査の中に1ピッチが入らなくなってしまうので装置の校正ができない。

10

【0048】

この倍率の校正については、電子ビーム測長装置にて回折格子単位パターン7のピッチ寸法を測定する。まず、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン7を探すために位置決め用の十字マーク100、101を用いて試料と電子ビーム測長装置の移動方向の平行性を補正する。次に、配列内の回折格子単位パターン7のピッチ寸法を測定する。同様にして、20点以上の異なる回折格子単位パターン7のピッチ寸法を求めその平均値を100.40nmとすることで校正ができた。この校正の正しさを確認するために、配列内のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン6のピッチ寸法を1ピッチが走査範囲に入る倍率である10万倍にして測長し、200.08nmを得た。回折角の測定から得られたピッチ寸法200.02nmとの差異が0.06nmと良好な結果が得られた。同様に、図3に示したように同じ標準部材パターンに作りこんだ横方向のピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン14の配列およびピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン13の配列によって、横方向の電子ビーム測長装置の測長寸法校正が高精度に実現できた。

20

【0049】

なお、図2、図3に示すようなパターンの実施例においては、各校正用パターン領域が分かれているので、ピッチ寸法の大きい方のパターンを光回折で、ピッチ寸法の小さい方のパターンも光回折で値付けできるという利点を有する。

【0050】

図4に、本発明による測長用標準部材のさらに別の実施例を示す。図4では、回折格子パターンは、長さ2μm、ピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン15が縦方向に2.5μmピッチ、横方向に2.4μmピッチで2mm角の校正用パターン領域17に配列されている。この領域の近傍に、図のように長さ2μm、ピッチ100nmで直線溝が4本並んだ回折格子単位パターン16、161を2mm角の校正用パターン領域18に配列させたものを配置した。これらの4本並んだ回折格子単位パターンから横に2μm離れた位置には、それぞれの回折格子単位パターンの位置を特定できる一つ一つ形の異なるマークパターン160、162がそれぞれ位置されている。また、上記回折格子パターンの周辺には位置決め用の十字マーク102、103が配置されている。

30

【0051】

この標準部材基板5には、これらのパターンのほかに上記回折格子単位パターン15の直線溝を横方向に配列させた格子配列を含んだ2mm角の校正用パターン領域19、20が、それぞれ配置されている。

40

【0052】

この標準部材のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン15が縦方向に2.5μmピッチ、横方向に2.4μmピッチで配列された2mm角の領域に波長が絶対寸法として保証されているHE-Cdレーザを照射して回折角を測定することにより回折格子単位パターン15のピッチ寸法が200.01nmであることが精度0.01nmで値付けられた。また、ピッチ100nmで直線溝が4本並んだ回折格子単位パターン16の中央部のピッチ寸法は、走査型プローブ顕微鏡を用いて、以下のように求め、100.55nmおよび100.65nmと値が得られた。

50

## 【 0 0 5 3 】

まず、回折格子単位パターンを探すために位置決め用の十字マーク 1 0 2、1 0 3 を用いて試料と走査型プローブ顕微鏡の移動方向の平行性を補正し、各回折格子単位への位置決めが  $2 \mu\text{m}$  以下になるようにする。次に、配列内のピッチ  $200 \text{ nm}$  で 10 本の回折格子単位パターン 1 5 のピッチ寸法を測長しこの値を  $200.01 \text{ nm}$  とすることで走査型プローブ顕微鏡の寸法校正を行った後、回折格子単位パターン 1 6 の中央部のピッチ寸法をそれぞれ測定する。回折格子単位パターン 1 6 は長さが  $2 \mu\text{m}$  あるので 100% の正しさを走査型プローブ顕微鏡の走査を回折格子単位パターンに位置決めできた。また、それぞれの測定した回折格子パターンの位置は近傍に有るマークパターン 1 6 0 を走査することにより判別が可能であった。

10

## 【 0 0 5 4 】

次に、この測長用標準部材を用いた電子ビーム測長装置の校正について説明する。この電子ビーム測長装置は、図 1 2 に示すような装置構成となっており、図 1 1 に示すような手順で校正が行われるように校正プログラムが組み立てられており、これに則って校正を行った。測定では、電子銃 4 1 から照射される電子ビーム 4 2 をレンズ 4 3、4 5 により細く絞り、偏向器 4 4 によりステージ 4 7 上に搭載された試料 4 6 上で走査するとき発生する二次電子 4 8 を二次電子検出器 4 9 により検出し、ビーム偏向制御部と二次電子信号処理部から波形を求める。この波形から寸法を演算し寸法校正演算により正しい寸法として寸法表示および記憶する。本発明の電子ビーム測長装置では、図 1 2 に示すように、さらに校正比較のために基準値との差分演算部と校正状態表示部があり、異なる基準寸法での比較により校正の正しさが得られ、それを表示できるようになっている。

20

## 【 0 0 5 5 】

実際の測定について、以下に説明する。 $50 \text{ nm}$  設計寸法のデバイスパターンが含まれた試料ウェーハ 3 2 と標準部材が、図 7 のように電子ビーム測長装置に搭載されている。 $50 \text{ nm}$  設計寸法のデバイスパターンを測長する場合には、電子ビーム測長装置の倍率を 20 万倍以上で行う。この倍率では、従来の寸法標準であるピッチ  $200 \text{ nm}$  の回折格子を用いると電子ビーム走査の中に 1 ピッチが入らなくなってしまうので装置の校正ができない。

## 【 0 0 5 6 】

この倍率の校正については、図 1 1 の手順に従って行なう。電子ビーム測長装置にて回折格子単位パターン 1 6 のピッチ寸法を測定する。まず、値付けされたピッチ  $100 \text{ nm}$  で直線溝が 4 本並んだ回折格子単位パターン 1 6 を探すために位置決め用の十字マーク 1 0 2、1 0 3 を用いて試料と電子ビーム測長装置の移動方向の平行性を補正する。次に、配列内のマークパターン 1 6 0 を基に値付けされた回折格子単位パターン 1 6 のピッチ寸法を、ビーム偏向制御部と二次電子信号処理部から得られた波形表示および寸法演算により寸法表示およびその寸法を寸法記憶部に記憶することで測定する。そのピッチ値を  $100.55 \text{ nm}$  となるように寸法校正演算部で校正し、その寸法を記憶部に格納することにより校正ができた (ステップ 1 1 1)。

30

## 【 0 0 5 7 】

校正の正しさを確認するために、この配列内のピッチ  $200 \text{ nm}$  で 10 本の回折格子単位パターン 1 のピッチ寸法を 1 ピッチが走査範囲に入る倍率である 10 万倍にして、図 1 2 の構成に従い校正された寸法校正演算部を通して測長し、 $200.03 \text{ nm}$  を得た (ステップ 1 1 2)。回折角の測定から得られたピッチ寸法  $200.01 \text{ nm}$  との差異が  $0.02 \text{ nm}$  となった。この差分が基準値として設定した  $0.1 \text{ nm}$  以下であったので (ステップ 1 1 3)、基準値との差分演算部から校正状態表示部へ正常の表示が出され、良好な測長が保証された (ステップ 1 1 4)。同様に、図 4 に示したように同じ標準部材パターンに作りこんだ横方向のピッチ  $100 \text{ nm}$  で直線溝が 4 本並んだ回折格子単位パターン配列 2 0 およびピッチ  $200 \text{ nm}$  で 10 本の回折格子単位パターン配列 1 9 によって横方向の電子ビーム測長装置の測長寸法校正が高精度に実現できた。

40

## 【 0 0 5 8 】

50

次に、かかる校正を3ヶ月後に上記と同様に同じ回折格子パターンを用いて行った。まず、値付けされたピッチ100nmで直線溝が4本並んだ回折格子単位パターン16を探すために位置決め用の十字マーク102、103を用いて試料と電子ビーム測長装置の移動方向の平行性を補正し、次に配列内のマークパターン160を基に今までと同じ位置に有る値付けされた回折格子単位パターン16のピッチ寸法を測定した。そのピッチ値を100.55nmとすることで校正ができた。

【0059】

この校正の正しさを確認するために、配列内のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン15のピッチ寸法を1ピッチが走査範囲に入る倍率である10万倍にして測長したところ、200.25nmとなり、回折角の測定から得られたピッチ寸法200.01nmとの差異が0.24nmと、校正の基準として設定した0.1nmを超えたために、基準値との差分演算部から電子ビーム測長装置の校正状態表示部へ異常の表示が出された(ステップ115)。

10

【0060】

このために、図11の手順に従い、上記とは別の位置に有り値付けされたピッチ100nmで直線溝が4本並んだ回折格子単位パターン161をマークパターン162を基に特定し、そのピッチ寸法を測定し100.65nmとすることで校正ができた(ステップ111)。この校正の正しさを確認するために、配列内のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン15のピッチ寸法を1ピッチが走査範囲に入る倍率である10万倍にして測長し、200.02nmを得た(ステップ112)。回折角の測定から得られたピッチ寸法200.01nmとの差異が0.01nmと良好な結果が得られ(ステップ113)、高精度な校正が維持され安定した測長性能が継続できた(ステップ114)。

20

【0061】

これに対し、図10に示すような構成の従来の電子ビーム測長装置および図6に示すような従来の校正パターン28を用いた装置校正では、上記のように数ヶ月以上の長期的な運用において校正パターン28を何回も使用するために、電子ビーム照射による汚染によって校正パターンの寸法変動が起こった場合には、複数の寸法基準との比較や校正状態の良否を表示する機能がないためにその精度を保証できないという問題があった。

【0062】

なお、図4に示すようなパターンの実施例においては、ピッチ寸法の小さい方のパターンの位置が特定できるので、AFM等による測定が容易であるという利点を有する。

30

【0063】

図5に、本発明による測長用標準部材のさらに別の実施例を示す。図5では、回折格子パターンは、長さ2 $\mu$ m、ピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン21が、縦方向に2.5 $\mu$ mピッチ、横方向に2.4 $\mu$ mピッチで2mm角の校正用パターン領域23に配列されている。この配列の一部に、図のようにピッチ200nmで横方向の直線溝が10本の回折格子単位パターン210が配置されている。この領域の近傍に、図のように長さ2 $\mu$ m、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン22を2mm角の校正用パターン領域24に配列させたものを配置した。この配列の一部に、図5のようにピッチ100nmで横方向の直線溝が20本の回折格子単位パターン220が配置されている。また、上記回折格子パターン1の周辺には位置決め用の十字マーク104、105が配置されている。

40

【0064】

この標準部材のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン21、210が、縦方向に2.5 $\mu$ mピッチ、横方向に2.4 $\mu$ mピッチで配列された2mm角の校正用パターン領域23に波長が絶対寸法として保証されているHe-Cdレーザを照射して回折角を測定することにより回折格子単位パターン21、210のピッチ寸法が両方とも200.02nmであることが精度0.01nmで値付けられた。また、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン22、220のピッチ寸法は、波長193nmの極紫外固体レーザによる回折角測定により両方とも100.40nmの値が得られた。こ

50

の測定では、まずピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン21、210のピッチ寸法を同じ波長193nmの極紫外固体レーザによる回折角測定により測定し、波長が絶対寸法として保証されているHe-Cdレーザを照射して回折角を測定することにより200.02nmが得られた。これにより、波長193nmの極紫外固体レーザによる回折角測定が校正されている。

#### 【0065】

次に、この試料を用いた電子ビーム測長装置の校正について説明する。50nm設計寸法のデバイスパターンが含まれた試料ウェーハ32と標準部材が図7のように電子ビーム測長装置に搭載されている。50nm設計寸法のデバイスパターンを測長する場合には、電子ビーム測長装置の倍率を20万倍以上で行う。この倍率で、従来の寸法標準であるピッチ200nmの回折格子では電子ビーム走査の中に1ピッチが入らなくなってしまうので装置の校正ができない。

#### 【0066】

この倍率の校正については、電子ビーム測長装置にて回折格子単位パターン22のピッチ寸法を測定する。まず、ピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン22を探すために位置決め用の十字マーク104、105を用いて試料と電子ビーム測長装置の移動方向の平行性を補正する。次に、配列内の回折格子単位パターン22のピッチ寸法を測定する。同様に、20点以上の異なる回折格子単位パターンのピッチ寸法を求めその平均値を100.40nmとすることで校正ができた。この校正の正しさを確認するために配列内のピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン21のピッチ寸法を1ピッチが走査範囲に入る倍率である10万倍にして測長し、200.08nmを得た。回折角の測定から得られたピッチ寸法200.02nmとの差異が0.06nmと良好な結果が得られた。同様に、同じ標準部材パターンに作りこんだ横方向のピッチ100nmで直線溝が20本並んだ回折格子単位パターン220配列およびピッチ200nmで10本の回折格子単位パターン210配列によって横方向の電子ビーム測長装置の測長寸法校正が0.1nm以内の高精度で実現できた。これらの縦方向と横方向の回折格子単位との距離は2.5μmと電子ビーム測長装置のフォーカス条件を変更しない状態で測長ができる範囲である20μm以内であることから、縦横両方の方向で高精度な校正が実現できた。

#### 【0067】

なお、図5に示すようなパターンの実施例においては、特に、縦・横方向が近接しているので、縦・横方向の校正が高精度にできるという利点を有する。

#### 【0068】

以上説明した各実施例において、校正用標準部材は、図7のようにホルダー34にパターンニングされた半導体基板35を貼り付けたものについて説明したが、パターンニングされた半導体基板が測定したいウェーハ32と同じウェーハ形状であっても、校正時に校正用標準部材ウェーハを搭載して装置を校正後、測定したいウェーハ32と交換して測定すれば高精度測長が可能である。

#### 【0069】

また、上述した実施例では、図2～図5のように、回折格子単位パターンの直線溝を縦方向、横方向に配列させた格子配列の場合について説明したが、本発明は、これらの格子配列に限らず、回折格子単位パターンの直線溝の方向が互いに異なる方向に配列された格子配列に対しても適用可能であることはいうまでもない。

#### 【0070】

以上、本発明によれば、波長が絶対的に保証されているレーザ光を用いた光学的回折角により値付けされるピッチ寸法以下の寸法校正でも対応が可能となる。また、波長が絶対的に保証されているレーザ光を用いた光学的回折角により値付けされるピッチ寸法とそれよりも微細な基準パターンを設け、両方の基準寸法を比較することにより校正が適正なものであるとの保証が実現でき、安定した高精度電子ビーム測長が可能となる。また、二つの直交したパターンを同一基板中に配置することで縦・横の方向のパターンについての測

10

20

30

40

50

長の高精度校正ができる。

【図面の簡単な説明】

【0071】

【図1】本発明による測長用標準部材における校正用パターン配列の一例を示す図。

【図2】図1に示した校正用パターン配列を示す図。

【図3】本発明による測長用標準部材における校正用パターン配列に別の例を示す図。

【図4】本発明による測長用標準部材における校正用パターン配列にさらに別の例を示す図。

【図5】本発明による測長用標準部材における校正用パターン配列にさらに別の例を示す図。

10

【図6】従来の校正用パターンを示す図。

【図7】校正用標準部材を搭載した電子ビーム測長装置を説明する図。

【図8】本発明による測長用標準部材における校正用パターンの作製フローの一例を説明する図。

【図9】電子ビーム一括露光装置用ステンシルマスクとビーム走査位置を説明する図。

【図10】従来の電子ビーム測長装置の構成を示す図。

【図11】本発明による電子ビーム測長装置の校正フローの一例を説明する図。

【図12】本発明による電子ビーム測長装置の構成例を説明する図。

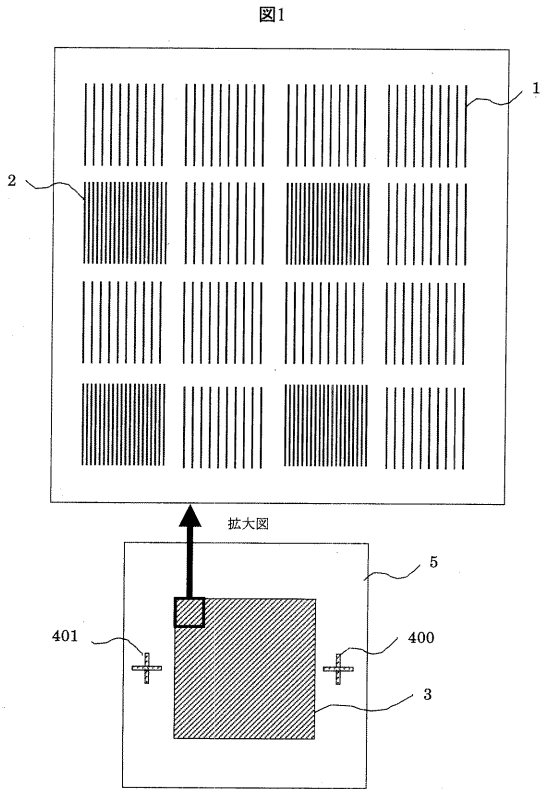
【符号の説明】

【0072】

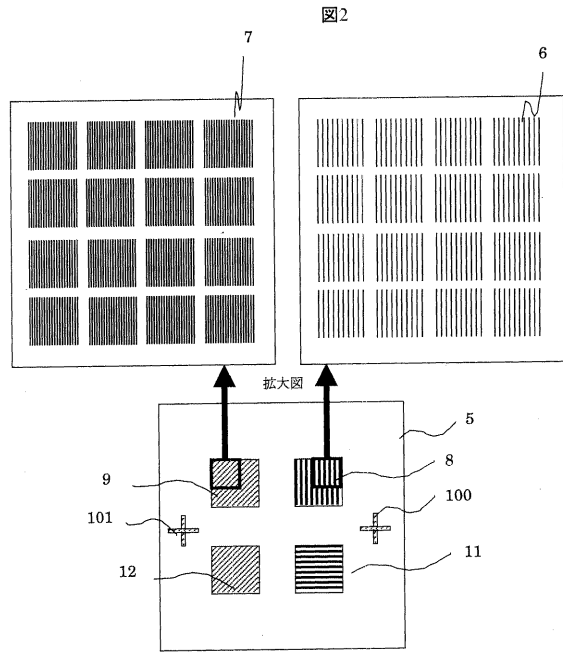
20

1、2、6、7、13、14、15、16、161、21、22、210、220、28...回折格子パターン、400、401、100、101、102、103、104、105...位置検出用十字パターン、3、8、9、11、12、17、18、19、20、23、24、25、26...校正用パターン領域、5、27、35...標準部材基板、29...電子光学系、30、42...電子ビーム、31、49...二次電子検出器、32、46...ウェーハ、33、47...ステージ、34...ホルダー、36...可変成形用矩形開口、37、38、39、40...回折格子パターン用開口、41...電子銃、43、45...レンズ、44...偏向器、48...二次電子。

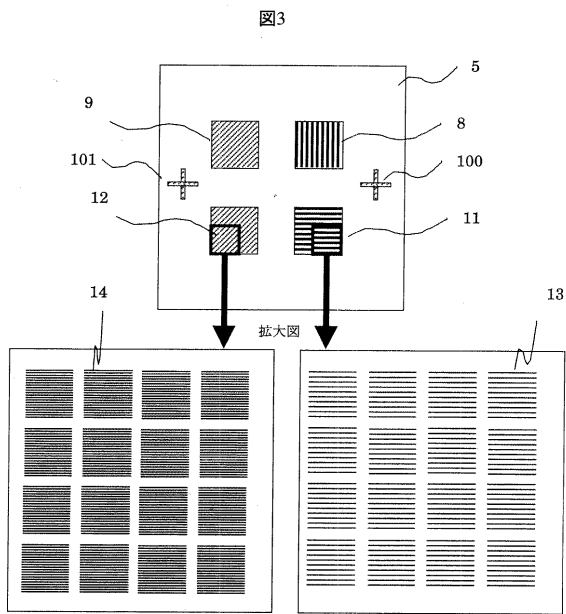
【 図 1 】



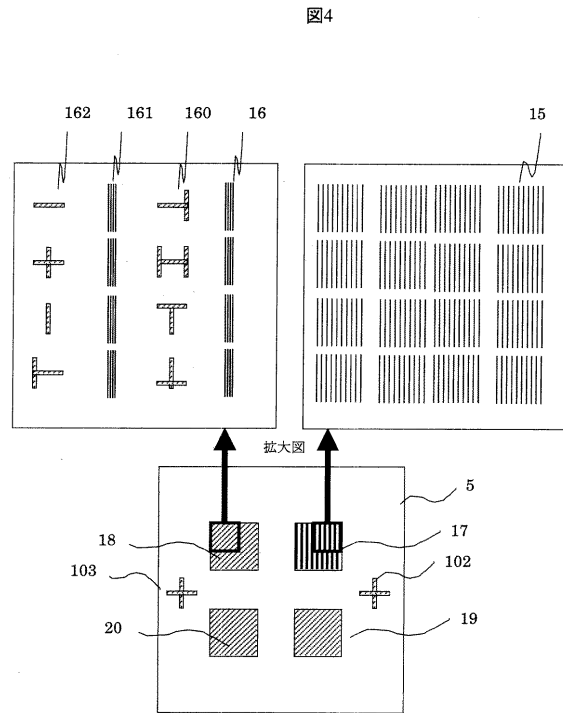
【 図 2 】



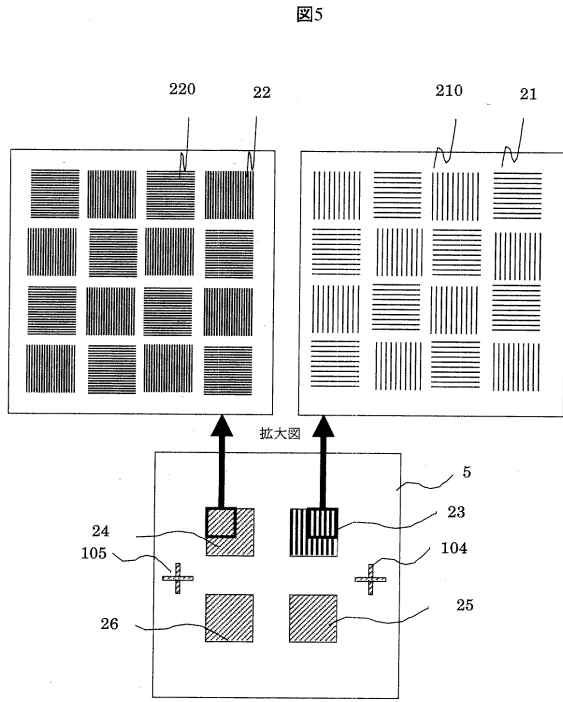
【 図 3 】



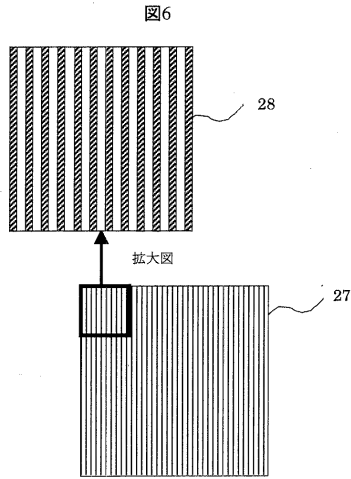
【 図 4 】



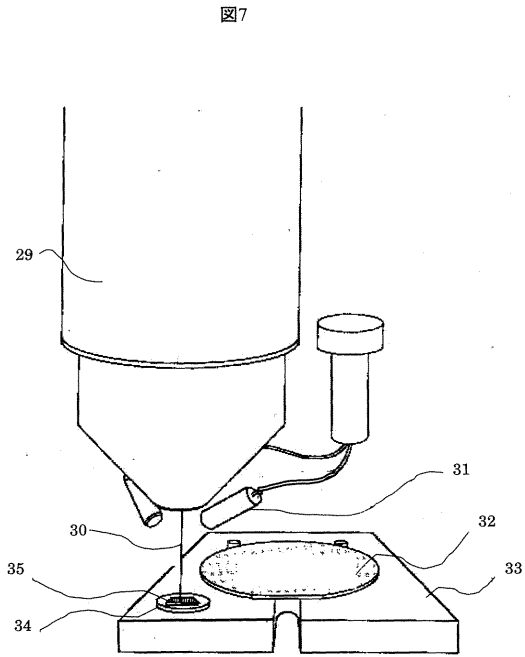
【図5】



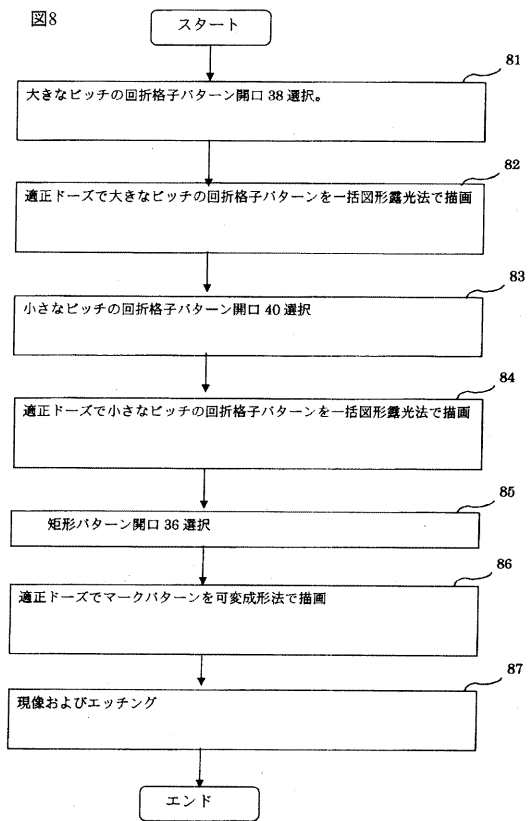
【図6】



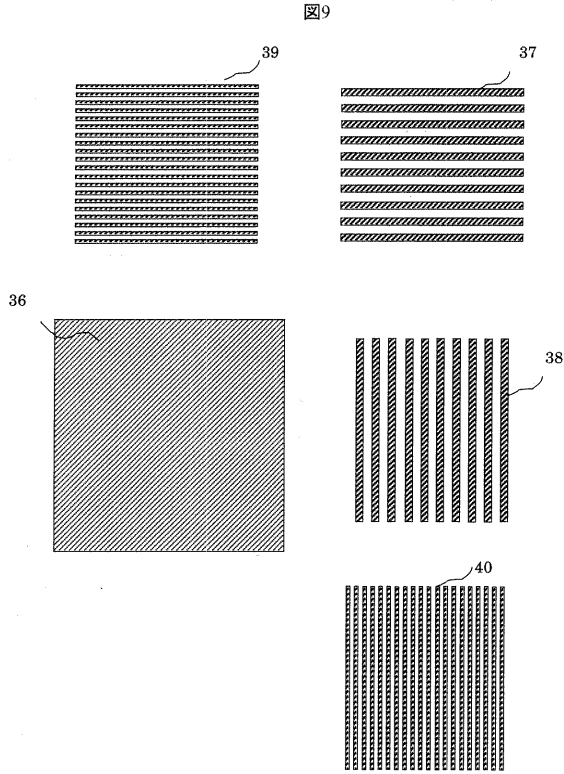
【図7】



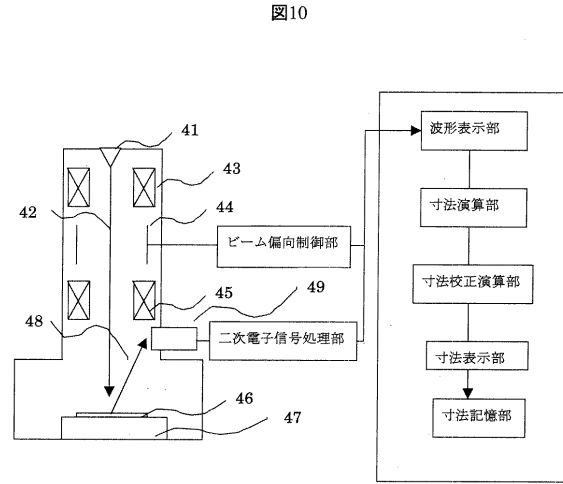
【図8】



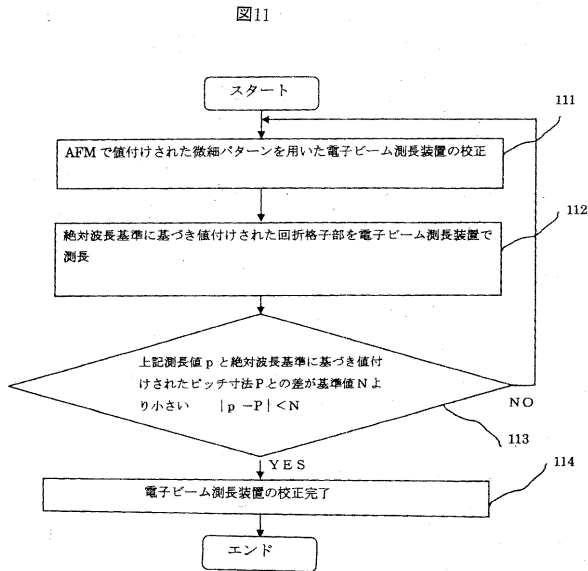
【図9】



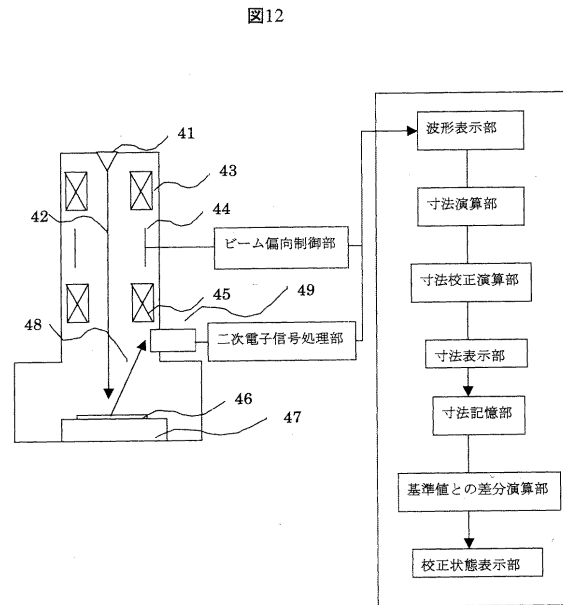
【図10】



【図11】



【図12】





---

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許第06570157(US, B1)

特開平08-285502(JP, A)

特開平09-297017(JP, A)

特開2003-279321(JP, A)

特開2004-251682(JP, A)

特開2004-340838(JP, A)

特開平04-368767(JP, A)

特開平04-289411(JP, A)

特開2004-177149(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01B 3/00 - 3/56

G01B 15/00 - 15/08

G01N 23/00 - 23/227

H01J 37/00 - 37/295

H01L 21/66