

(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2005-233757

(P2005-233757A)

(43) 公開日 平成17年9月2日(2005.9.2)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 01 B 15/00

G 01 N 23/225

H 01 L 21/027

H 01 L 21/66

F 1

G 01 B 15/00

G 01 N 23/225

H 01 L 21/66

H 01 L 21/30

テーマコード(参考)

2 F 06 7

2 G 00 1

4 M 10 6

5 O 2 V

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願2004-42919 (P2004-42919)

(22) 出願日

平成16年2月19日 (2004.2.19)

(71) 出願人 000000295

沖電気工業株式会社

東京都港区虎ノ門1丁目7番12号

(74) 代理人 100108062

弁理士 日向寺 雅彦

(72) 発明者 南 章行

茨城県つくば市小野川16番地1 株式会社半導体先端テクノロジーズ内

F ターム(参考) 2F067 AA22 AA62 BB04 CC17 EE05

EE10 HH06 JJ05 KK04

2G001 AA03 BA07 CA03 GA06 HA07

HA13 KA03 LA11 MA05

4M106 AA01 AA02 BA02 CA39 DB05

DH33 DJ18 DJ19 DJ20

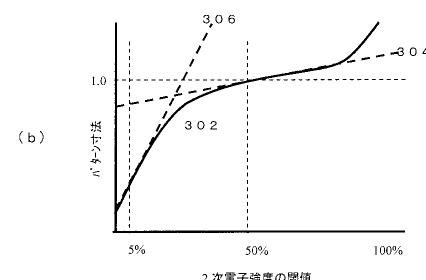
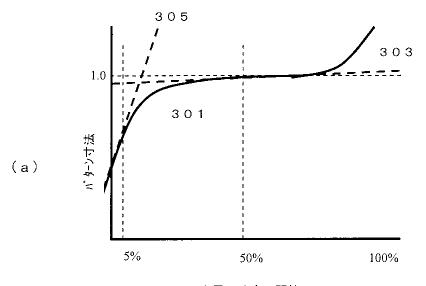
(54) 【発明の名称】ホールパターン検査方法及びホールパターン検査装置

## (57) 【要約】

【課題】 SEMによる簡便化されたホールパターン開孔検査方法を提供する。また、この検査方法を用いることにより、自動化をされた検査装置を提供する。

【解決手段】 SEM装置の2次電子のコントラスト情報よりホールパターンの寸法曲線を得、あるしきい値でのホールパターン寸法の変化の割合(接線の傾き)を算出することで、ホールパターンの開孔状態の良否を定量的に評価する。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

ホールパターンに電子ビームを照射して 2 次電子信号を得る手順と、  
 前記 2 次電子信号の強度が指定強度となる範囲をホールパターンの開孔寸法とし、第 1 の指定強度から前記第 1 の指定強度よりも大なる第 2 の指定強度に至る範囲における前記ホールパターンの前記開孔寸法の寸法曲線を算出する手順と、  
 前記第 1 の値と前記第 2 の値との間の第 3 の指定強度における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手順と、  
 前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手順と、  
 を備えたことを特徴とするホールパターン検査方法。

10

## 【請求項 2】

前記第 1 の指定強度は、前記 2 次電子信号の最小値であり、  
 前記第 2 の指定強度は、前記 2 次電子信号の最大値であり、  
 前記第 3 の指定強度は、前記第 1 及び第 2 の指定強度の略平均値であることを特徴とする請求項 1 記載のホールパターン検査方法。

## 【請求項 3】

前記変化の割合が所定値よりも小なるときに前記ホールパターンの形成状態を良と判定することを特徴とする請求項 2 記載のホールパターン検査方法。

## 【請求項 4】

前記第 1 の指定強度の近傍における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手順と、

前記第 1 の指定強度の近傍における前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手順と、

をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のホールパターン検査方法。

## 【請求項 5】

前記第 1 の指定強度の近傍における前記変化の割合が所定値よりも大なるときに前記ホールパターンの形成状態を良と判定することを特徴とする請求項 4 記載のホールパターン検査方法。

## 【請求項 6】

ホールパターンに電子ビームを照射して 2 次電子信号を得る手段と、  
 前記 2 次電子信号の強度が指定強度となる範囲をホールパターンの開孔寸法とし、第 1 の指定強度から前記第 1 の指定強度よりも大なる第 2 の指定強度に至る範囲における前記ホールパターンの前記開孔寸法の寸法曲線を算出する手段と、

前記第 1 の値と前記第 2 の値との間の第 3 の指定強度における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手段と、

前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手段と、  
 を備えたことを特徴とするホールパターン検査装置。

## 【請求項 7】

前記第 1 の指定強度の近傍における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手段と、

前記第 1 の指定強度の近傍における前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手段と、

をさらに備えたことを特徴とする請求項 6 記載のホールパターン検査装置。

30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ホールパターン検査方法及びホールパターン検査装置に関し、より詳細には

50

、半導体デバイスなどの製造に際して2次電子などを用いて微細なホール(穴)パターンの開孔状態を確実且つ容易に識別できるホールパターン検査方法及びホールパターン検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体集積回路装置などの半導体デバイスは、幾重にも重なった層状の配線層を有し、各々の配線層間には絶縁層が設けられている。この半導体デバイスを電気回路として成り立せるためには、絶縁層の所望箇所に「コンタクトホール(contact hole)」あるいは「ビアホール(via hole)」などと呼ばれる孔を形成し、導電性材料を充填して各配線層間を電気的に接続する必要がある。

10

【0003】

図6は、コンタクトホールの形成工程を表す工程断面図である。

半導体基板や下層配線層からなる下地500の上には、SiO<sub>2</sub>等の被エッチング膜501が設けられている。まず、この被エッチング膜501の上に、リソグラフィ工程によってマスク502を形成する。具体的には、「フォトレジスト」などと呼ばれる感光性の高分子膜を形成し、アルカリ現像を施して微細なホールパターンを形成する(図6(a))。

20

次に、エッチング工程によって、マスク502をエッチング阻止部として機能させ、被エッチング膜501にマスクパターンの転写像であるホールパターンを形成する(図6(b))。

続いて、このホールパターンに導電性の材料503を埋め込んで、接続部を形成する(図6(c))。

30

【0004】

以上説明した工程からも分かるように、マスク502や被エッチング膜501に形成するホールパターンは、厳密に開孔していることが必要である。このようなホールパターンの開孔状態の検査は、走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope: SEM)で行うことができる。すなわち、ホールパターンが所望の開孔状態を有するか否かは、SEMによる寸法の測定値が特異的でないこと、および2次電子のコントラスト像におけるホール底部の見え方が異常でないこと等から判断していた。このうち、寸法の測定値が特異的でないかの判断は、基準値との比較によって一意的に決めることができるため、自動化は容易である。しかし、ホール底部の見え方が異常でないかの判断は、人手による作業が必要となり、SEM検査の自動化に対する大きな障害となっていた。

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

このように、従来の検査方法においては、ホールパターンが開孔しているかどうかの判断に人手による作業が必要となり、大きな労力を要していた。さらに、近年ではホールパターンの微細化に伴って、ホール底部から得られる2次電子の情報量が大幅に低減し、ホール底部のSEM像の見え方が不鮮明となり、人手による判断作業も困難になってきた。

40

【0006】

本発明はかかる課題の認識に基づいてなされたものであり、その目的は、SEMなどによる簡便化されたホールパターン検査方法を提供することにある。また、この検査方法を用いることにより、自動化をされたホールパターン検査装置を提供することも目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

図7は、SEMにおけるパターン寸法の決定方法を示した模式図である。

【0008】

SEMを用いた場合、パターンの形状に依存して2次電子の強度が変動する現象を利用し、2次電子のコントラスト情報を用いることによってパターン寸法を決定できる。図7

50

(a) はホールパターン 601 の断面形状、図 7 (b) はホールパターン 601 の 2 次電子のコントラスト波形 602 をそれぞれ表す。

【0009】

ホールパターン寸法は、ある特定の 2 次電子強度（以下、「しきい値」と称する）におけるエッジ間の距離、すなわち、コントラスト波形 602 と、しきい値に対応する直線 603 と、が交差する線分 604 の長さによって求められる。2 次電子強度のしきい値としては、2 次電子強度の最大値と最小値の 50 パーセント程度の値を用いることができる。これは、ホールパターン側壁部の側壁の状態をよく表現できることと、安定した測定が行えるからである。

【0010】

コントラスト波形 602 は、ホールパターン上部の開孔端の角部では 2 次電子が放出されやすく、強度は強くなる。ホールパターン側壁部では、その傾きと深さに応じた強度となり、底部では、その材質と深さに応じた強度を有する。このように、SEM 観察で得られる 2 次電子のコントラスト波形の形状は、ホールパターンの断面形状を強く反映した形となる。従って、このコントラスト波形を用いて、あらゆるしきい値におけるパターン寸法を詳細に調べれば、パターン形状を詳細に把握することが可能となる。

【0011】

本発明では、あらゆるしきい値におけるパターン寸法を詳細に調べ、所定のしきい値でのホールパターン寸法の変化の割合を知ることで、パターンの断面形状を定量的に評価する検査方法を提供するものである。

【0012】

すなわち、本発明によれば、

ホールパターンに電子ビームを照射して 2 次電子信号を得る手順と、

前記 2 次電子信号の強度が指定強度となる範囲をホールパターンの開孔寸法とし、第 1 の指定強度から前記第 1 の指定強度よりも大なる第 2 の指定強度に至る範囲における前記ホールパターンの前記開孔寸法の寸法曲線を算出する手順と、

前記第 1 の値と前記第 2 の値との間の第 3 の指定強度における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手順と、

前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手順と、

を備えたことを特徴とするホールパターン検査方法が提供される。

【0013】

ここで、前記第 1 の指定強度は、前記 2 次電子信号の最小値であり、前記第 2 の指定強度は、前記 2 次電子信号の最大値であり、前記第 3 の指定強度は、前記第 1 及び第 2 の指定強度の略平均値であるものとすることができる。

【0014】

また、前記変化の割合が所定値よりも小なるときに前記ホールパターンの形成状態を良と判定することができる。

【0015】

また、前記第 1 の指定強度の近傍における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手順と、前記第 1 の指定強度の近傍における前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手順と、をさらに備えたものとすることができる。

【0016】

またこの場合、前記第 1 の指定強度の近傍における前記変化の割合が所定値よりも大なるときに前記ホールパターンの形成状態を良と判定することができる。

【0017】

または、本発明によれば、

ホールパターンに電子ビームを照射して 2 次電子信号を得る手段と、

前記 2 次電子信号の強度が指定強度となる範囲をホールパターンの開孔寸法とし、第 1 の指定強度から前記第 1 の指定強度よりも大なる第 2 の指定強度に至る範囲における前記ホールパターンの前記開孔寸法の寸法曲線を算出する手段と、

10

20

20

30

40

50

前記第1の値と前記第2の値との間の第3の指定強度における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手段と、

前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手段と、  
を備えたことを特徴とするホールパターン検査装置が提供される。

【0018】

ここで、前記第1の指定強度の近傍における前記開孔寸法の寸法曲線の変化の割合を算出する手段と、前記第1の指定強度の近傍における前記変化の割合から、前記ホールパターンの形成状態の良否を判定する手段と、をさらに備えたものとすることができます。

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、あらゆるしきい値におけるホールパターン寸法を詳細に調べることでホールパターンの断面形状を定量的に評価することが可能となる。また、このとき、あるしきい値でのホールパターン寸法の変化の割合を用いて、ホールパターン形状の良否を判定できるので、ホールパターンの開孔状態を自動的に識別することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、図面を参照しつつ本発明の実施の形態について説明する。

【0021】

図1は、本発明の実施の形態にかかるホールパターン検査方法を表すフロー チャートである。

すなわち、本実施形態においては、まず、ステップS102において、被測定体の2次電子信号波形を取得する。具体的には、例えば、ホールパターンを形成したウェーハをSEMに設置して電子線を照射し、ホールパターンの形状に対応した2次電子の信号波形を取得する。

【0022】

図2は、ホールパターンの断面形状を例示する模式図である。図2(a)はパターン底部の開孔状態が良好なパターン101を、図2(b)はパターン底部の開孔状態が良くなないパターン102をそれぞれ表す。ホールパターン101は、側壁が直線状で、側壁と底部との境界形状もシャープである。一方、ホールパターン102は、側壁の直線区間が短く、側壁と底部との境界形状も丸みを帯びている。

【0023】

図3は、図2に表したホールパターンの2次電子コントラスト波形を表す模式図である。すなわち、図3(a)は図2(a)のパターン101のコントラスト波形201を、図3(b)は図2(b)のパターン102のコントラスト波形202をそれぞれ表す。コントラスト波形201と202とを比較すると、コントラスト波形202では側壁部の傾きがなだらかであり、側壁部と底部との境界領域の曲半径も大きくなっていることが分かる。

【0024】

再び図1に戻って説明を続けると、次に、ステップS104において、パターン寸法曲線を演算する。すなわち、ステップS102において取得した2次電子信号波形から、それぞれのしきい値におけるホールパターンの開孔寸法を算出する。

【0025】

図4は、しきい値を0から100パーセントまで変化させた場合の、コントラスト波形から求めたパターン寸法を示したグラフである。すなわち、同図の横軸はしきい値を表し、縦軸はしきい値50パーセントにおけるパターン寸法を1.0としたときのパターン寸法を表す。ここで、しきい値50パーセントを基準としたのは、この付近において安定したパターン寸法が得られるからである。

【0026】

図4(a)は図3(a)より求めた寸法曲線301を表し、図4(b)は図3(b)より求めた寸法曲線302を表す。寸法曲線301、および302は、しきい値が50パー

10

20

30

40

50

セント付近から小さくなるに従い、寸法が直線的に減少し、ある値を境に急激に減少する傾向にある。この急激に寸法が小さくなる点がホールパターンの側壁部と底部との境界領域付近であり、寸法曲線のカーブが底部のパターン形状を反映していることが分かる。

【0027】

再び図1に戻って説明を続けると、次に、ステップS106において、所定のしきい値における傾きを算出する。すなわち、図4に例示したような寸法曲線において、所定のしきい値における曲線の傾きを算出する。

【0028】

例えば、図4(a)、(b)において、寸法が直線的に減少する区間のあるしきい値、例えばしきい値50パーセントのときの接線を、それぞれ接線303、304とすると、

$$(接線303の傾き) < (接線304の傾き)$$

となる。

【0029】

つまり、しきい値50パーセントの時の傾きは、ホールパターン101のほうがホールパターン102よりも小さい。これは、図2及び図3からも分かるように、ホールパターンの側壁がより急峻に形成されている場合には、寸法曲線における直線部の傾斜が小さくなるからである。

【0030】

従って、この場合には、図1に表したステップS108において、しきい値50パーセントにおける傾きが所定値以下の場合に、ホールパターンの開孔状態は良好であると判定できる。

【0031】

一方、寸法が急激に減少する区間のあるしきい値、例えばしきい値5パーセントのときの接線を、それぞれ接線305、306とすると、

$$(接線305の傾き) > (接線306の傾き)$$

となる。

30

【0032】

つまり、しきい値5パーセントの時の傾きは、ホールパターン101のほうがホールパターン102よりも大きい。これは、図2及び図3からも分かるように、ホールパターンの側壁がより急峻に形成されている場合には、開孔の底部付近における寸法曲線の傾斜が大きくなるからである。

【0033】

従って、この場合には、図1に表したステップS108において、しきい値5パーセントにおける傾きが所定値以上の場合に、ホールパターンの開孔状態は良好であると判定できる。

【0034】

すなわち、図2～3から分かるように、しきい値50パーセント時の接線の傾きが小さく、しきい値5パーセント時の接線の傾きが大きいホールパターン101の方が開孔状態が良いと判断できる。ここでは、ホールパターンの側壁部と底部の境界領域としてしきい値5パーセントを例に示したが、しきい値の最小値に近い値であればよい。

40

【0035】

本発明者が、多くの開孔状態のパターンにおいて、コントラスト波形より求めた寸法曲線の接線の傾きを調べたところ、開孔状態が良好なパターンにおいては

$$(接線303の傾き) < 0.2$$

50

(接線 305 の傾き) > 20

という結果が得られた。

【0036】

つまり、ホールパターンの検査時に、しきい値を最小値から最大値まで変化させて寸法曲線を得、しきい値 50 パーセント時の接線の傾きを算出し、この値が 0.2 以上である場合に、開孔状態を「NG」と判定することができる。

【0037】

同様に、しきい値を最小値から最大値まで変化させて寸法曲線を得、しきい値 5 パーセント時の接線の傾きを算出し、この値が 20 以下である場合に、開孔状態を「NG」と判定することができる。 10

【0038】

このように、ホールパターンの開孔状態の良し悪しは、寸法曲線の接線の傾きの大小によって判定できる。

【0039】

図 5 は、本発明の実施の形態にかかるホールパターン検査装置の要部構成を例示するブロック図である。

ホールパターン検査装置 40 は、SEM 装置 401 と、コンピュータ 402 と、入力部 403 と、を備える。SEM 装置 401 は、電子光学系 404 と、被測定体 S を載置するステージ 405 と、電子光学系処理部 406 と、2 次電子検出器 407 と、信号処理部 408 と、より構成される。電子光学系 404 は、電子ビームを生成して検査対象であるホールパターンが形成された被測定体 S に電子ビームを照射する。2 次電子検出器 407 は、電子ビームの照射により被測定体 S の表面から放出された 2 次電子を検出する。信号処理部 408 は、2 次電子検出器 407 により検出された 2 次電子を変換して 2 次電子信号としてコンピュータ 402 に供給する。コンピュータ 402 は、装置全体を制御する。コンピュータ 402 は、SEM 装置 401 から供給される、2 次電子信号を処理し、上記ホールパターン検査方法で説明した手順により、ホールパターンの形状の良否を判定する。入力部 403 は、コンピュータ 402 に接続されており、しきい値データ、接線の傾きのデータを入力が可能である。 20

【0040】

入力部 403 によって、ホールパターン検査装置に、例えばしきい値 50 パーセント時の寸法曲線の接線の傾きが 0.2 以上である場合に、開孔状態を「NG」と判定する旨を設定することで、これ以降のパターン検査を自動で行うことができる。 30

【0041】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

【0042】

例えば、本発明は、コンタクトホールやビアホールの開孔状態を測定するためのみに用いられるものではなく、例えば、キャパシタやゲート構造を得るためのトレンチや、素子間絶縁層を形成するためのトレンチなど、各種の孔の開孔状態の測定に適用して同様の作用効果が得られる。また、その測定装置は、SEM を用いたものには限定されず、被測定体に電子線を照射して 2 次電子を検出可能としたものであればよい。 40

半導体集積回路のウェーハ上にレジストを形成した被処理体に電子線描画を行うための電子線描画データの検証にも適用できる。

【0043】

その他、本発明の要素を具備し、当業者が適宜設計変更しうる全てのホールパターン検査方法及びホールパターン検査装置は本発明の範囲に包含される。

【図面の簡単な説明】

【0044】

【図 1】本発明の実施の形態にかかるホールパターン検査方法を表すフローチャートであ

50

る。

【図2】ホールパターンの断面形状を示す模式図である。

【図3】図2に表したホールパターンのコントラスト波形を示す模式図である。

【図4】図3に表したコントラスト波形から求めたパターン寸法寸法曲線を示したグラフである。

【図5】本発明のホールパターン検査方法を用いた検査装置のブロック図である。

【図6】コンタクトホール形成の工程を示す模式図である。

【図7】SEMにおけるパターン寸法の決定方法を表す模式図である。

【符号の説明】

【0045】

10 1 0 1 、 1 0 2 、 6 0 1 ホールパターン

4 0 ホールパターン検査装置

4 0 1 SEM装置

4 0 2 コンピュータ

4 0 3 入力部

4 0 4 電子光学系

4 0 5 ステージ

4 0 6 電子光学系処理部

4 0 7 2次電子検出器

4 0 8 信号処理部

5 0 1 被エッチング膜

5 0 2 フォトレジスト

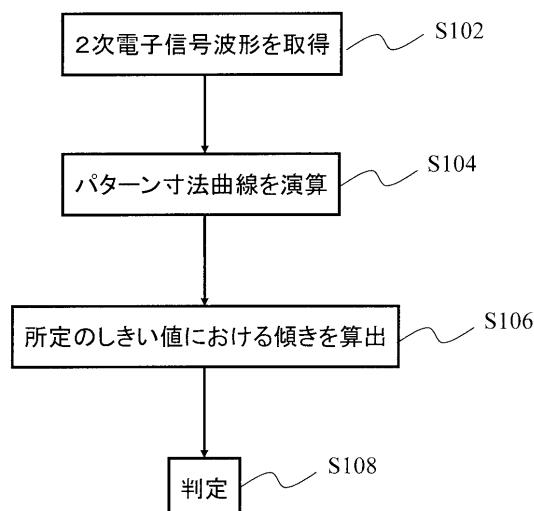
5 0 3 導電性材料

10

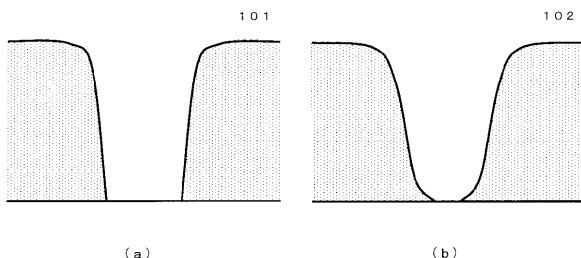
20

20

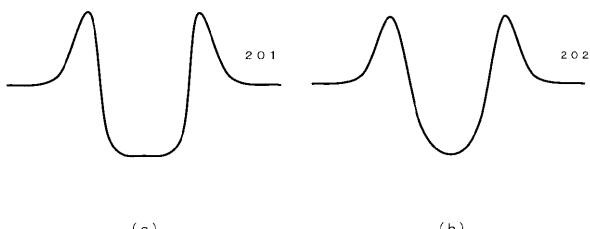
【図1】



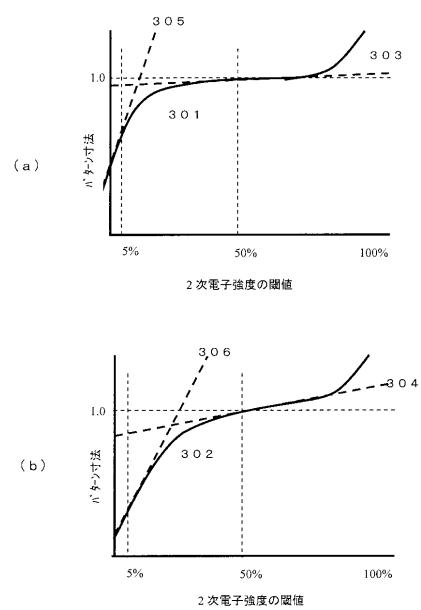
【図2】



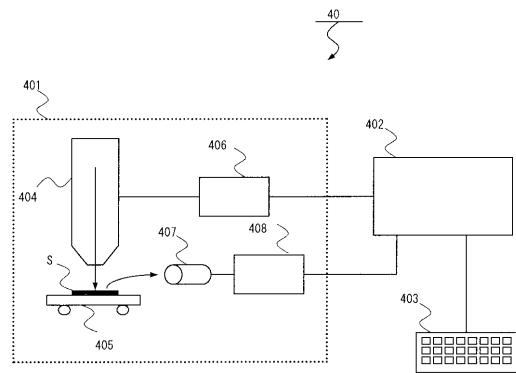
【図3】



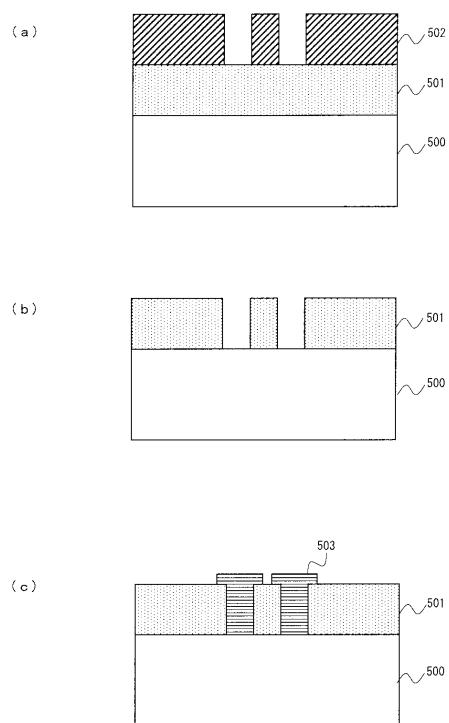
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

