

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4806877号  
(P4806877)

(45) 発行日 平成23年11月2日(2011.11.2)

(24) 登録日 平成23年8月26日(2011.8.26)

(51) Int. Cl. F I  
**GO3F 1/08 (2006.01)** GO3F 1/08 A  
**HO1L 21/027 (2006.01)** GO3F 1/08 T  
 HO1L 21/30 5O2P

請求項の数 3 (全 8 頁)

|   |   |
|---|---|
| <p>(21) 出願番号 特願2001-278796 (P2001-278796)<br/>                 (22) 出願日 平成13年9月13日(2001.9.13)<br/>                 (65) 公開番号 特開2003-84422 (P2003-84422A)<br/>                 (43) 公開日 平成15年3月19日(2003.3.19)<br/>                 審査請求日 平成20年8月22日(2008.8.22)</p> | <p>(73) 特許権者 000003193<br/>                 凸版印刷株式会社<br/>                 東京都台東区台東1丁目5番1号<br/>                 (72) 発明者 林 甲季<br/>                 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内<br/>                 (72) 発明者 永繁 進<br/>                 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内<br/> <br/>                 審査官 岩本 勉</p> |
|---|---|

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透明基板の上表面に所望の形状にパターンニングされた位相シフターとしてハーフトーン材料膜を設けた位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法において、残存欠陥部にイオンを充填した後に、該残存欠陥部の位置を特定して、該残存欠陥部に集束イオンビームを照射することによって、該残存欠陥部を除去して修正することを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法。

【請求項2】

前記請求項1に記載のハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法において、ハーフトーン材料膜がジルコニウムシリサイド化合物よりなることを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法。

【請求項3】

請求項1、又は請求項2に記載のハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法において、残存欠陥部に充填するイオンがガリウムイオンであることを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体素子の製造における光リソグラフィ工程で用いられる位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【 従来 の 技術 】

位相シフトマスクとして、従来より、種々の形式のものが提案されている。例えば、マスク上の開口部の隣り合う一方に位相を反転させるような透明膜を設けた構造のレベンソン型位相シフトマスクや、形成すべきパターンの周辺部に解像限界以下の位相シフターを形成した構造の補助パターン付き位相シフトマスクや、基板上にクロムパターンを形成した後オーバーエッチングによって位相シフターのオーバーハングを形成した構造の自己整合型位相シフトマスク等がある。

## 【 0 0 0 3 】

上記の構造とは別に、シフターパターンのみによって形成された位相シフトマスクとして、透過型位相シフトマスクや、ハーフトーン型位相シフトマスク等も知られている。透過型位相シフトマスクは透明部を透過した光と位相シフターを透過した光と境界部において、光強度がゼロとなることを利用してパターンを分離するようにした位相シフトマスクであって、シフターエッジ利用型位相シフトマスクともよばれる。

10

## 【 0 0 0 4 】

ハーフトーン型位相シフトマスクは投影露光光に対して部分透過性を有する、いわゆる半透明な位相シフターパターンを基板上に形成して、その位相シフターパターンの境界部に形成される光強度がゼロの部分でパターン解像度を向上するようにした位相シフトマスクである。透過型位相シフトマスクや、ハーフトーン型位相シフトマスクはその構造が単純である為、製造工程が容易であり、しかもマスク上の欠陥も少ないという長所を有している。

20

## 【 0 0 0 5 】

図 2 ( a ) ~ ( e ) に示すように、ハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程を示す側断面図である。図 2 を用いて製造工程を簡単に説明する。

## 【 0 0 0 6 】

図 2 ( a ) は、透明基板 2 の片側の表面にハーフトーン材料膜 3 を形成する。膜形成方法は真空蒸着やスパッター方式による方法が一般的に採用されている。所定の金属膜を所定の膜厚に成膜する。次に外観検査と、規格検査とに合格した製品を選別する。

## 【 0 0 0 7 】

図 2 ( b ) は、前記基板 2 の片側の表面に形成したハーフトーン材料膜 3 全面に電子線感応性レジスト膜 7 を塗布して形成する。レジスト塗布方法はスピコート方式を用いて製造する。サイド全数検査後に良品のみ選別する。前記レジスト膜を形成した透明基板 2 ( フォトマスクブランク 6 ) を工程に投入する。

30

## 【 0 0 0 8 】

次に図 2 ( c ) は、予め準備した所要のマスクデータを用いて、電子線照射装置手段により、フォトマスクブランク 6 のレジスト層 7 に電子線照射により描画する。

## 【 0 0 0 9 】

次に、図 2 ( d ) に示すように、現像と、現像により露出したハーフトーン材料膜 3 をエッチングする。

## 【 0 0 1 0 】

図 2 ( e ) は、不要のレジスト層 7 を剥膜して洗浄によりハーフトーン型位相シフトマスクが完成する。

40

## 【 0 0 1 1 】

次に図 3 に示すように、( a ) は、ハーフトーン型位相シフトマスクの平面図と、( b ) は、その側断面図である。

## 【 0 0 1 2 】

次に、図 3 ( c ) はシフターの残存欠陥を有する平面図であり、( d ) は側断面図を示す。ハーフトーン型位相シフトマスク 1 を製造する工程において、本来、ハーフトーン材料膜 3 が存在してはならない箇所にハーフトーン材料膜 3 が残存したままにマスク作成工程が完了する場合がある。以下該ハーフトーン材料膜 3 が残存したものをシフターの残存欠

50

陥 5 という。

【 0 0 1 3 】

図 3 ( c )、( d ) に示す、シフターの残存欠陥 5 は、そのままではマスク 1 として使用された場合に、マスクパターンの解像性向上には寄与せず、むしろ、マスク転写時には、転写されデバイスパターン等に欠陥を生じさせるものである。従って、実用化には、前記シフターの残存欠陥 5 の除去する修正が必要である。従来の技術では、集束イオンビームを残存欠陥 5 に照射して、残存欠陥 5 を蒸発して除去する方法が多く採用されている。集束イオンビームによる修正方法は、ガリウム、アルゴン等のガスの集束イオンビーム装置 ( F I B 装置 ) を用いて成膜してトリミングによる修正を施したり、又は、所定のガスをイオンビームによって励起し、エッチングする修正の方法もある。

10

【 0 0 1 4 】

しかしながら、この方法では、残存欠陥部 5 の周辺の透明基板 2 へのイオンビームの照射による損傷が避けられないという問題があり、残存欠陥部 5 にのみ正確にイオンビームを照射することが要求されている。

【 0 0 1 5 】

一般に、シフターの残存欠陥部 5 とその周辺の透明基板 2 との識別するには、二次電子の放出量をモニターする方法がとられている。シフターの残存欠陥部 5 から放出される二次電子の量と、その周辺の透明基板 2 から放出される二次電子の量の差を修正装置の画面上での明暗に置き換えて表示し識別するのである。

【 0 0 1 6 】

【 発明が解決しようとする課題 】

ところが、従来の技術では、修正装置の画面上で、シフターの残存欠陥部 5 とその周辺の透明基板 2 との二次電子の量の差が少ないために、修正装置の画面上ではシフターの残存欠陥部 5 とその周辺の透明基板 2 の境界が明確に認識できずに、シフターの残存欠陥部 5 にのみ正確にイオンビームを照射することができない場合が多い。

20

【 0 0 1 7 】

本発明は上記の問題点を解決するために、ハーフトーン型位相シフトマスク 1 の残存欠陥部 5 の修正方法を提供するもので、従来の技術の F I B 装置を使用して、シフターの残存欠陥部 5 のみを確実にモニター画面上で確認し修正を施す方法を提供するものである。

【 0 0 1 8 】

【 課題を解決するための手段 】

本発明の請求項 1 に係る発明は、透明基板の上表面に所望の形状にパターンニングされた位相シフターとしてハーフトーン材料膜を設けた位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法において、残存欠陥部にイオンを充填した後に、該残存欠陥部の位置を特定して、該残存欠陥部に集束イオンビームを照射することによって、該残存欠陥部を除去して修正することを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法である。

30

【 0 0 1 9 】

本発明の請求項 2 に係る発明は、前記請求項 1 に記載のハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法において、ハーフトーン材料膜がジルコニウムシリサイド化合物よりなることを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法である。

40

【 0 0 2 0 】

本発明の請求項 3 に係る発明は、請求項 1、又は請求項 2 記載のハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥の修正方法において、残存欠陥部に充填するイオンがガリウムイオンであることを特徴とするハーフトーン型位相シフトマスクの修正方法である。

【 0 0 2 3 】

【 作用 】

ハーフトーン型位相シフトマスク 1 の残存欠陥の修正方法においては、残存欠陥部 5 に予めイオンを充填することにより、残存欠陥部 5 から放出される二次電子の量が増加し、修正装置の画面上で、シフターの残存欠陥部 5 と、透明基板 2 のコントラストが高くなり、その結果、シフターの残存欠陥部 5 の位置や境界線を正確に把握できるようになり、欠

50

陥部の修正作業において、シフターの残存欠陥部 5 にのみ正確にイオンビームを照射することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】

本発明のを、実施の形態に沿って以下に詳細に説明する。

【0025】

図 1 は、本発明の一実施例を示すもので、ハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥部の修正方法を示す工程図である。

【0026】

図 1 ( a ) は、ハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥部を示す側断面図であり、残存欠陥部 5 の修正するために本発明の修正工程に投入する。

10

【0027】

次に、図 1 ( b ) は、F I B 装置を用いて、ハーフトーン材料膜層 3 の表面に所定のイオンビームを充填する。

【0028】

照射方法は、F I B 装置の規定の手段により、まず充填するイオンガスを準備する。本発明ではガリウムイオンを選択した。前述のように二次電子の放出量が増加する効果より評価した。次に集束イオンビームの照射条件は露出する透明基板 2 の表面の損傷が発生しない上限に設定する。その条件は、一例として、加速電圧  $30 \text{ kV}$ 、ビーム径  $25 \text{ nm} \sim 35 \text{ nm}$ 、Dose 量  $0.020 \text{ nC} / \mu\text{m}^2 \sim 0.030 \text{ nC} / \mu\text{m}^2$  の範囲で最適条件を選択して条件を設定した。

20

【0029】

本発明は、ハーフトーン材料膜層 3 としては、ジルコニウムシリサイド化合物を選択した。

【0030】

図 1 ( c ) は、欠陥検査機を用いて、全面検査をする。

【0031】

次に図 1 ( d ) は、F I B 装置の手段により、修正装置の画面上で残存欠陥部 5 の位置と、その欠陥部 5 を表示し識別する。

【0032】

30

次に、F I B 装置の修正の手段 ( ガスアシストエッチング法 ) を用いて、不要の残存欠陥部 5 を除去する。その条件は、一例として、加速電圧  $30 \text{ kV}$ 、ビーム径  $25 \text{ nm} \sim 35 \text{ nm}$ 、Dose 量は  $0.075 \text{ nC} / \mu\text{m}^2 \sim 0.090 \text{ nC} / \mu\text{m}^2$  の範囲で最適条件を選択して、条件を設定した。所定のガスを前記条件の集束イオンビームによって励起して不要な欠陥部 5 をエッチング除去し修正する。

【0033】

【実施例】

次に、本発明のハーフトーン型位相シフトマスク製造工程を、以下に具体的な実施例に従って説明する。

【0034】

40

< 実施例 1 >

図 2 に示すようにハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程を説明する。まず図 2 ( a ) は、石英ガラスからなるフォトマスク用基板 ( 透明基板 ) 2 の片面に、所要の厚さの  $\text{ZrSiO}_x$  からなるハーフトーン材料膜層 ( 半透明位相シフター層 ) 3 を形成する。

【0035】

次に図 2 ( b ) は、前記ハーフトーン材料膜 3 上の全面に所要の厚さの電子線感応性レジスト膜層 7 を形成する。一般に透明基板 2 上に材料膜層 3 を形成し、電子線感応性レジスト膜層 7 を形成した材料をフォトマスクブランク 6 の名称で呼ばれている。

【0036】

続いて、図 2 ( c ) は前記フォトマスクブランク 6 の電子線感応性レジスト膜層 7 に電子

50

線描画装置 8 を用いて、予め準備したフォトマスク用データを使用して電子線による照射により描画する。

【0037】

次に、図 2 ( d ) に示すように、現像工程により不要の電子線感応性レジスト膜層 7 を除去洗浄し、所要の電子線感応性レジスト膜層 7 を形成する。

【0038】

次に、図 2 ( e ) に示すように、該電子線感応性レジスト膜層 7 をマスクとして、露出した  $ZrSiO_x$  からなるハーフトーン材料膜層 3 をエッチングして、所要の  $ZrSiO_x$  からなるハーフトーン材料膜層を形成し、次に電子線感応性レジスト膜層 7 を剥膜して、ハーフトーン型位相シフトマスク 1 を作成した。

10

【0039】

前記ハーフトーン型位相シフトマスク 1 には、前記図 3 ( c )、( d ) のシフターの残存欠陥 5 が存在していた。

【0040】

上記のハーフトーン型位相シフトマスク 1 の残存欠陥部 5 の修正の工程を図 1 ( a ) ~ ( e ) を参照にして以下説明をする。

【0041】

図 1 ( a ) に示すように、残存欠陥部 5 を有するハーフトーン型位相シフトマスク 1 の側断面図であり、残存欠陥部 5 を削除する修正工程に投入する。

【0042】

20

図 1 ( b ) は、前記残存欠陥部 5 を有するハーフトーン型位相シフトマスク 1 上のハーフトーン材料層面 ( $ZrSiO_x$  膜) 3 の欠陥の部分に集中的にガリウム集束イオンビームを照射して、 $ZrSiO_x$  膜の表面にガリウムイオンを充填した。ガリウム集束イオンビームの照射装置は F I B 装置を使用し、照射条件は加速電圧 30 kV 設定し、ガリウム集束イオンビーム径は  $30\text{ nm}$  に絞り、ドーズ量 (電流密度)  $0.025\text{ nC}/\mu\text{m}^2$  の条件にて、ガリウム集束イオンビームの照射をした。前記条件は通常の集束イオンビームの照射による残存欠陥部 5 に除去する場合より低いドーズ量 (電流密度) で、ガリウム集束イオンビームの照射をした。

【0043】

図 1 ( c ) は、欠陥検査機を用いて全面検査をする。次に検査修正装置の画面において除去修正が必要な残存欠陥部 5 を確認し、除去修正のために F I B 装置へ移管する。

30

【0044】

次に、図 1 ( d ) に示すように、F I B 装置の修正画面上で、残存欠陥部 5 を含む領域を指定し、画面上で明るく表示される部分 (二次電子が多く放出されている部分) を残存欠陥部 5 として、残存欠陥部 5 にのみガリウム集束イオンビームの照射して、残存欠陥部 5 を除去した。(図 1 e 参照)

【0045】

図 1 ( e ) に示すガリウム集束イオンビームの照射条件は、加速電圧は 30 kV、ガリウム集束イオンビーム径  $30\text{ nm}$ 、ドーズ量  $0.08\text{ nC}/\mu\text{m}^2$  である。その結果、残存欠陥部 5 のみ除去することができ、残存欠陥部 5 の周囲の透明基板 2 には何ら損傷を与えることはなかった。

40

【0046】

【発明の効果】

本発明によれば、透明基板を損傷させることなく、ハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥部を除去、修正して欠陥のないハーフトーン型位相シフトマスクを製造でき問題を解消できる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】( a ) ~ ( e ) は、本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの残存欠陥部を修正する方法を示す工程図である。

【図 2】( a ) ~ ( e ) は、本発明のハーフトーン型位相シフトマスクの製造工程を示す

50

工程図である。

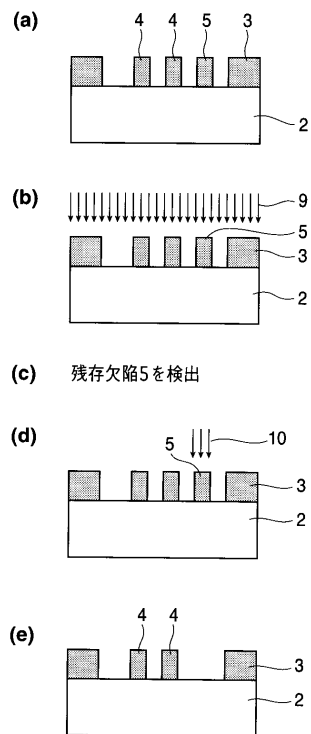
【図3】従来のハーフトーン型位相シフトマスクの実施例を示す模式図で、(a)は、平面図であり、(b)は側断面図で、(c)は残存欠陥を有するハーフトーン型位相シフトマスクの平面図であり、(d)は残存欠陥を有するハーフトーン型位相シフトマスクの側断面図である。

【符号の説明】

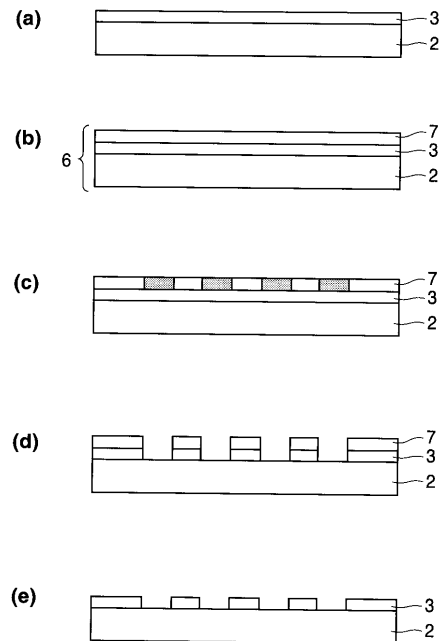
- 1 ...ハーフトーン型位相シフトマスク
- 2 ...透明基板
- 3 ...ハーフトーン材料膜層(半透明位相シフター用材料層)
- 4 ...メインパターン
- 5 ...残存欠陥部
- 6 ...フォトマスクブランク
- 7 ...電子線感応性レジスト膜
- 8 ...電子線描画装置
- 9 ...ガリウム集束イオンビーム照射
- 10 ...ガスアシストエッチング集束イオンビーム照射

10

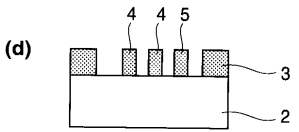
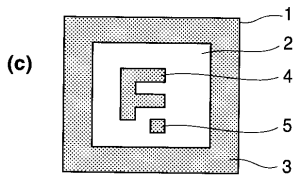
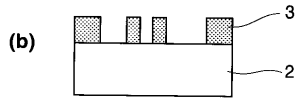
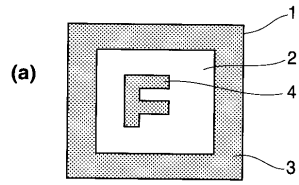
【図1】



【図2】



【 図 3 】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平06-175354(JP,A)  
特開平07-005677(JP,A)  
特開平09-063944(JP,A)  
特開2001-022048(JP,A)  
特開平07-135244(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/08