

(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2005-208120

(P2005-208120A)

(43) 公開日 平成17年8月4日(2005.8.4)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G03F 1/08	G03F 1/08 T	2H095
B23K 15/00	B23K 15/00 5O2	4E066
HO1J 37/305	B23K 15/00 5O3	5C034
HO1J 37/317	B23K 15/00 5O4D	
HO1L 21/027	HO1J 37/305 A	
審査請求 未請求 請求項の数 17 O L (全 13 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号	特願2004-11787 (P2004-11787)	(71) 出願人	000000239 株式会社荏原製作所 東京都大田区羽田旭町11番1号
(22) 出願日	平成16年1月20日 (2004.1.20)	(74) 代理人	100089705 弁理士 社本 一夫
		(74) 代理人	100080137 弁理士 千葉 昭男
		(74) 代理人	100092967 弁理士 星野 修
		(74) 代理人	100093713 弁理士 神田 藤博
		(74) 代理人	100093805 弁理士 内田 博
		(74) 代理人	100106208 弁理士 官前 徹
		最終頁に続く	

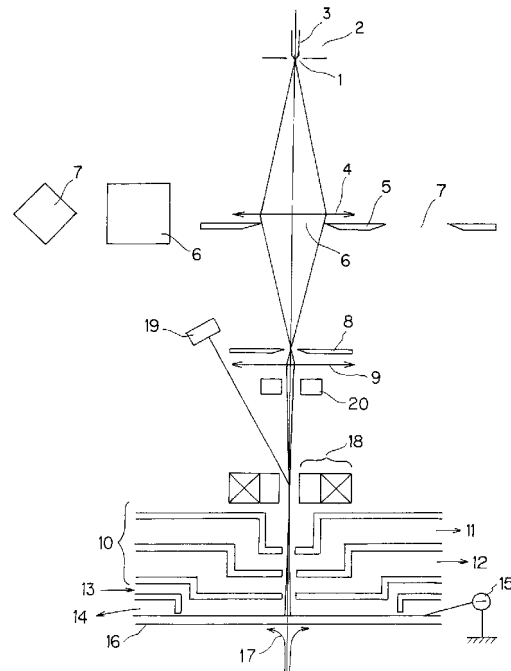
(54) 【発明の名称】 試料修正装置及び試料修正方法並びに該方法を用いたデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 修正されたパターンのエッジラフネスを少なくすることが可能であると共に、電子線アシストエッチング又は電子線アシストデポジションを行うことにより試料の修正を行う試料修正装置及び試料修正方法並びに該方法を用いたデバイス製造方法を得る。

【解決手段】 試料修正方法であって、(a) 電子線を対物レンズにより集束して試料に照射するステップと、(b) 前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給するステップと、(c) 前記試料の被修正パターンに電子線を選択的に走査してエッチング又は堆積により修正を行うステップと、(d) 前記電子線照射面に供給された反応性ガスが電子銃側へ流入するのを制限するように、前記対物レンズに設けた差動排気装置で排気し続けるステップとを備えている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料修正方法であって、

- (a) 電子線を対物レンズにより集束して試料に照射するステップと、
- (b) 前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給するステップと、
- (c) 前記試料の被修正パターンに電子線を選択的に走査してエッチング又は堆積により修正を行うステップと、
- (d) 前記電子線照射面に供給された反応性ガスが電子銃側へ流入するのを制限するように、前記対物レンズに設けた差動排気装置で排気し続けるステップとを備えていることを特徴とする試料修正方法。

10

【請求項 2】

前記試料には負の電圧が印加されることを特徴とする、請求項 1 に記載の試料修正方法。

【請求項 3】

前記電子線のランディング電圧は、3 kV 以下であることを特徴とする、請求項 1 に記載の試料修正方法。

【請求項 4】

前記集束された電子線は、x 方向及び y 方向に平行な辺を有する矩形に形成された成形ビーム、あるいは、x 方向及び y 方向に対して所定の角度に傾斜した辺を有する矩形に形成された成形ビームであることを特徴とする、請求項 1 に記載の試料修正方法。

【請求項 5】

試料修正方法であって、

- (a) 電子銃から放出された電子線を対物レンズに通過させ、試料に照射するステップと、
- (b) 前記試料表面の画像を取得するステップと、
- (c) 前記試料表面の画像から該試料の修正すべき場所を探し、該修正すべき場所を電子線で走査するステップと、
- (d) 前記試料上の電子線走査領域における反応性ガスの圧力を増加させるステップと、
- (e) 前記試料の修正が完了したことを確認するステップとを備え、

20

前記試料と前記対物レンズとの間に、圧力を制限する小開口が設けられていることを特徴とする試料修正方法。

30

【請求項 6】

前記電子銃は、ZrO/W ショットキーカソード又は TaC カソードを有し、光軸外へ放出された電子線を利用することを特徴とする、請求項 5 に記載の試料修正方法。

【請求項 7】

前記電子線を細く絞る対物レンズは、

磁気ギャップが試料側に形成されている磁気レンズと、

前記磁気レンズの試料側に設けられ、該試料よりも高い電位を有する軸対称電極とを備えていることを特徴とする、請求項 5 に記載の試料修正方法。

【請求項 8】

前記対物レンズの電子銃側又は内部には、E × B 分離器が設けられており、

前記試料表面の画像を取得する取得ステップは、前記試料から放出された 2 次電子を前記 E × B 分離器で偏向して検出器で検出することにより、該試料表面の画像を取得することを特徴とする、請求項 5 に記載の試料修正方法。

40

【請求項 9】

請求項 1 乃至 8 のうちのいずれか一項に記載の試料修正方法で修正したマスクを用いてリソグラフィを行うことを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 10】

試料の修正を行う試料修正装置であって、

電子線を集束して試料に照射する対物レンズと、

50

前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給するガス供給手段と、

前記対物レンズに設けられ、前記供給手段によって前記電子線照射面に供給された反応性ガスが電子銃側へ流入するのを制限するように該反応性ガスを排気し続ける差動排気装置とを備え、

前記試料の被修正パターンに電子線を選択的に走査してエッチング又は堆積により修正を行うことを特徴とする試料修正装置。

【請求項 1 1】

前記試料には負の電圧が印加されることを特徴とする、請求項 1 0 に記載の試料修正装置。

【請求項 1 2】

前記電子線のランディング電圧は、3 kV 以下であることを特徴とする、請求項 1 0 に記載の試料修正装置。

【請求項 1 3】

電子銃の後にはさらにコンデンサレンズを有し、該コンデンサレンズの前又は後には成形開口手段が設けられており、

前記成形開口手段は、

前記コンデンサレンズによって集束された電子線を x 方向及び y 方向に平行な辺を有する矩形に成形する第 1 成形開口と、

前記コンデンサレンズによって集束された電子線を x 方向及び y 方向に対して所定の角度に傾斜した辺を有する矩形に成形する第 2 成形開口とを備え、

前記第 1 成形開口と前記第 2 成形開口は切り替え可能となっていることを特徴とする、請求項 1 0 に記載の試料修正装置。

【請求項 1 4】

試料の修正を行う試料修正装置であって、

電子線を放出する電子銃と、

前記電子銃から放出された前記電子線を集束して前記試料に照射する対物レンズと、

前記試料表面の画像を取得する画像取得手段と、

前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給し、該試料上の電子線走査領域における反応性ガスの圧力を増加させるガス供給手段と、

前記試料と前記対物レンズとの間に設けられた、前記反応性ガスの圧力を制限する小開口とを備え、

前記画像取得手段によって取得された前記試料表面の画像から該試料の修正すべき場所を探し、且つ修正すべきパターンの方向を測定し、該修正すべき場所を電子線で上記パターン辺に平行に走査してエッチング又は堆積により修正を行うことを特徴とする試料修正装置。

【請求項 1 5】

前記電子銃は、ZrO/W ショットキーカソード又は TaC カソードを有し、光軸外へ放出された電子線を利用することを特徴とする、請求項 1 4 に記載の試料修正装置。

【請求項 1 6】

前記電子線を細く絞る対物レンズは、

磁気ギャップが試料側に形成されている磁気レンズと、

前記磁気レンズの試料側に設けられ、該試料よりも高い電位を有する軸対称電極とを備えていることを特徴とする、請求項 1 4 に記載の試料修正装置。

【請求項 1 7】

前記対物レンズの電子銃側又は内部には、E × B 分離器が設けられており、

前記試料表面の画像を取得する前記画像取得手段は、前記試料から放出された 2 次電子を前記 E × B 分離器で偏向して検出器で検出することにより、該試料表面の画像を取得することを特徴とする、請求項 1 4 に記載の試料修正方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の線幅のデバイス等を製造するマスク等の試料の欠陥を高精度で修正（リペア）する試料修正装置及び試料修正方法に関し、さらにその様な試料修正方法を用いたデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来において、細く絞った電子線をマスク等の試料に照射し、照射点にノズルで反応ガスを吹き付け、試料のエッチングを行う方法は公知である。

【0003】

修正すべきマスクの最小線幅が 90nm 程度になると、修正されたパターンのエッジラフネスは数 10nm 程度以下に抑える必要があり、そのためには、ビームをこの寸法の半分以下に絞る必要がある。一方、電子線のランディングエネルギーが高いと、試料に入射後に後方散乱され、その反射ビームが2次電子を放出してエッチングに寄与するので後方散乱電子の拡がり寸法より高精度の加工ができない問題点があった。

【0004】

また、従来におけるマスクの修正には、イオンビームを用いるのが主流であった。集束イオンビームを用いた修正装置では、マスク基板にイオンを注入することや放射線損傷によって、石英基板の透過率が悪くなり、黒欠陥の修正を実質的に行うことができない問題があり、特に、 F_2 リソグラフィでは、深刻な問題である。

【非特許文献1】次世代リソグラフィワークショップ予稿集（NGL2003）平成15年7月10, 11日 日本科学未来館 「Next generation Electron Beam mask repair tool」 Dr. Jayant Neogi, Johannes Bihl and Klaus Edinger 主催：応用物理学会次世代リソグラフィ技術研究会、シリコンテクノロジー分科会 共催：日本学術振興会「荷電粒子ビームの工業への応用」第132委員会

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明は、上述のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、修正されたパターンのエッジラフネスを少なくすることが可能であると共に、電子線アシストエッチング又は電子線アシストデポジションを行うことにより試料の修正を行う試料修正装置及び試料修正方法並びに該方法を用いたデバイス製造方法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】

【0006】

本発明は、試料修正方法であって、(a)電子線を対物レンズにより集束して試料に照射するステップと、(b)前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給するステップと、(c)前記試料の被修正パターンに電子線を選択的に走査してエッチング又は堆積により修正を行うステップと、(d)前記電子線照射面に供給された反応性ガスが電子銃側へ流入するのを制限するように、前記対物レンズに設けた差動排気装置で排気し続けるステップとを備えていることを特徴とする試料修正方法を提供する。また、前記試料には負の電圧を印加する方が好ましい。また、前記電子線のランディング電圧は、 3kV 以下である方が好ましい。また、前記集束された電子線は、x方向及びy方向に平行な辺を有する矩形に成形された成形ビーム、あるいは、x方向及びy方向に対して所定の角度（例えば 45 度）に傾斜した辺を有する矩形に成形された成形ビームにすることができる。

【0007】

また、本発明は、試料修正方法であって、(a)電子銃から放出された電子線を対物レンズを通過させ、試料に照射するステップと、(b)前記試料表面の画像を取得するステップと、(c)前記試料表面の画像から該試料の修正すべき場所を探し、該修正すべき場所を電子線で走査するステップと、(d)前記試料上の電子線走査領域における反応性ガスの圧力を増加させるステップと、(e)前記試料の修正が完了したことを確認するステップとを備え、前記試料と前記対物レンズとの間に、圧力を制限する小開口が設けられて

10

20

30

40

50

いることを特徴とする試料修正方法を提供する。また、前記電子銃は、ZrO/Wショットキーカソード又はTaCカソードを有す電子銃で光軸から角度を有する方向へ放出される電子線を利用する方が好ましい。また、前記電子線を細く絞る対物レンズは、磁気ギャップが試料側に形成されている磁気レンズと、前記磁気レンズの試料側に設けられ、該試料よりも高い電位を有する軸対称電極とを備えている方が好ましい。また、前記対物レンズの電子銃側又は内部には、E×B分離器が設けられており、前記試料表面の画像を取得する取得ステップは、前記試料から放出された2次電子を前記E×B分離器で偏向して検出器で検出することにより、該試料表面の画像を取得することができる。

【0008】

また、本発明は、請求項1乃至8のうちのいずれか一項に記載の試料修正方法で修正したマスクを用いてリソグラフィを行うことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

10

【0009】

また、本発明は、試料の修正を行う試料修正装置であって、電子線を集束して試料に照射する対物レンズと、前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給するガス供給手段と、前記対物レンズに設けられ、前記供給手段によって前記電子線照射面に供給された反応性ガスが電子銃側へ流入するのを制限するように該反応性ガスを排気し続ける差動排気装置とを備え、前記試料の被修正パターンに電子線を選択的に走査してエッチング又は堆積により修正を行うことを特徴とする試料修正装置を提供する。また、前記試料には負の電圧を印加する方が好ましい。また、前記電子線のランディング電圧は、3kV以下である方が好ましい。また、電子銃の後にはさらにコンデンサレンズを有し、該コンデンサレンズ

20

【0010】

また、本発明は、試料の修正を行う試料修正装置であって、電子線を放出する電子銃と、前記電子銃から放出された前記電子線を集束して前記試料に照射する対物レンズと、前記試料表面の画像を取得する画像取得手段と、前記試料の電子線照射面に反応性ガスを供給し、該試料上の電子線走査領域における反応性ガスの圧力を増加させるガス供給手段と、前記試料と前記対物レンズとの間に設けられた、前記反応性ガスの圧力を制限する小開口とを備え、前記画像取得手段によって取得された前記試料表面の画像から該試料の修正すべき場所を探し、該修正すべき場所を電子線で走査してエッチング又は堆積により修正を行うことを特徴とする試料修正装置を提供する。また、前記電子銃は、ZrO/Wショットキーカソード又はTaCカソードを有す電子銃で光軸から角度を有する方向へ放出される電子線を利用する方が好ましい。また、前記電子線を細く絞る対物レンズは、磁気ギャップが試料側に形成されている磁気レンズと、前記磁気レンズの試料側に設けられ、該試料よりも高い電位を有する軸対称電極とを備えている方が好ましい。また、前記対物レンズの電子銃側又は内部には、E×B分離器が設けられており、前記試料表面の画像を取

30

40

【発明の効果】

【0011】

請求項1又は10に記載の発明によれば、修正されたパターンのエッジラフネスを少なくすることができる。また、対物レンズを差動排気構造にしているため、反応性ガスが電子銃側へ流入する量を抑制し、鏡筒をクリーニングする回数を軽減することができる。

【0012】

請求項5又は14に記載の発明によれば、電子線アシストエッチング又は電子線アシストデポジションを行うことにより、マスク等の試料の修正を良好に行うことができる。ま

50

た、反応性ガスを用いる（導入する）時でもビームを細く絞ることができるため、微細な修正を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

以下、本発明にかかる試料修正装置及び試料修正方法並びに該方法を用いたデバイス製造方法を実施するための最良の形態について図面を参照しながら述べる。図1には、本発明にかかる、マスク等の試料の修正方法に用いられる電子線装置（電子光学鏡筒）を簡略的に示している。図示のように、電子銃は、Zr-Wチップ1と、ショットキーシールド2と、チップ加熱用Wフィラメント3とから構成されており、ショットキーエミッションを利用するものである。この電子銃から放出された電子線は、コンデンサレンズ4で集束され、NA開口8にクロスオーバー像を作る。

10

【0014】

コンデンサレンズ4の試料（マスク）側には、成形開口手段としての成形開口板5が配設されている。この成形開口板5には、x方向及びy方向に平行な辺を有する矩形開口（第1成形開口）6と、x方向及びy方向に対して所定の角度である45度に傾斜した辺を有する矩形開口（第2成形開口）7とが形成されており、成形開口板5をスライド移動させることにより矩形開口6と矩形開口7とを切り替え可能となっている。従って、成形開口板5の矩形開口6を通過した電子線は、x方向及びy方向に平行な辺を有する矩形に成形された成形ビームとなり、一方、x方向及びy方向に対して45度傾斜した辺を有する矩形開口7を通過した電子線は、x方向及びy方向に対して45度傾斜した辺を有する矩形に成形された成形ビームとなる。なお、図示のものは、電子線が矩形開口6を通過する場合を示している。また、矩形開口7は、x方向及びy方向に対して45度に傾斜した辺を有しているが、45度に傾斜した辺に限らず、30度、60度などパターン辺に近い角度に傾斜した辺を有することができる。

20

【0015】

成形開口板5の矩形開口6あるいは矩形開口7を通過することによって矩形に成形された電子線は、縮小レンズ9と対物レンズ10とによって縮小されてマスク16に結像される（電子線を対物レンズにより集束して試料に照射するステップ）。対物レンズ10は、3つの電極を有するユニポテンシャルレンズであり、ボア径が特に小さく、レンズギャップが特に大きい形状に設計されている。試料のマスク16の裏面には、温度上昇を防止するために冷却ガス17が吹き付けられている。また、マスク16には、負電源15によって負の電圧が印加されている。

30

【0016】

電子銃のカソードが-4500Vの電圧を有し、マスク16が-4000Vの電圧で印加されているので、試料は500eVのエネルギーで照射される。500eVのエネルギーでは、マスク16の遮光材料のCr中での後方散乱電子の拡がりは50nm以下であるため、十分に高精度な加工を行うことが可能である。電子銃カソードの電圧（電子線の加速電圧）は、0.5~10kVであり、ウェーハの電位は0~-5kVで可変できる。試料の電子線照射面には、ガス供給手段としてのガス注入管13から塩素系又はフッ素系等のハロゲンガス系のエッチングガスが入れられる（試料の電子線照射面に反応性ガスを供給するステップ）。EB照射によりエッチングできるガスであれば何でもよく、水素、酸素等でもよい。低真空排気管12は排気装置としての低真空用の排気ポンプ（図示せず）に接続され、一方、高真空排気管11はターボ分子ポンプ（図示せず）に接続されており、差動排気によって電子線照射面に満たされた反応性ガスが電子銃側へ流入しないようにしている（電子線照射面に供給された反応性ガスが電子銃側へ流入しないように、対物レンズに設けた差動排気装置で排気し続けるステップ）。前述のように、対物レンズ10は、ボア径が特に小さく、レンズギャップが特に大きい形状に設計されているので、有効に差動排気が作動する。低真空排気管14も排気装置に接続されている。また、一次ビームがボケて、ビーム径が小さいビームに含まれるビーム電流が小さくならないように、試料面上のガスの圧力は、エッチングを進行させるのに必要十分な圧力に抑えている。なお

40

50

、本実施形態では、差動排気装置は対物レンズに設けたが、試料面に供給された反応性ガスを排気し得る試料近傍の位置であればどこでもよい。

【0017】

試料面上では、偏向器20とE×B分離器18とによって、任意の方向に走査してエッチングが可能であるし、時々SEM走査を行い、エッチングの終点検出を行うことが可能である（試料の被修正パターンに電子線を選択的に走査してエッチング又は堆積により修正を行うステップ）。このとき、試料面から放出された2次電子は、対物レンズ10を通過し、E×B分離器18によって偏向（図1において左側）されて、2次電子検出器（SE検出器）19で検出される。これによって、SEM像を取得することができ、該SEM像を監視して黒欠陥の場所にCrが残っているかを調べることが可能となる。また、エッチングの終点検出のときは、ガス注入管13からのガスの供給を中止することにより、短時間でエッチングが進まない程度のガス圧にすることができる。

10

【0018】

また、対物レンズ10の各電極に印加する電圧は放電を起こさない値に制限される。また、放電開始電界は電極の表面状態に依存するので、対物レンズ10の電極には、金又は白金がコーティングされている。

【0019】

図2には、黒欠陥及び白欠陥を修正する一例を示している。図2(A)には、x方向に沿ったCrパターン21に黒欠陥22が付着している場合を示している。この場合、成形開口板5の矩形開口6をもってx方向及びy方向に平行な辺を有する矩形に成形された、最小線幅の半分程度の寸法を有する成形ビーム23をx方向（図2(A)において符号24で示す方向）に走査し、黒欠陥22をエッチングして削り取る（修正する）。図2(B)には、y方向に沿ったパターン21に黒欠陥22が付着している場合を示している。この場合も、成形開口板5の矩形開口6をもってx方向及びy方向に平行な辺を有する矩形に成形された、最小線幅の半分程度の寸法を有する成形ビーム23をy方向（図2(B)において符号24'で示す方向）に走査し、黒欠陥22をエッチングして削り取る（修正する）。図2(C)には、x方向及びy方向に対して45度傾斜した方向に沿ったパターン21に黒欠陥22が付着している場合を示している。この場合は、成形開口板5の矩形開口7をもってx方向及びy方向に対して45度傾斜した辺を有する矩形に成形された成形ビーム23'を、x方向及びy方向に対して45度傾斜した方向（図2(C)において符号25で示す方向）に走査し、黒欠陥22をエッチングして削り取る（修正する）。

20

30

【0020】

図2(D)には、x方向に沿ったパターン21の白欠陥26を修正する場合を示しており、ハロゲン系のエッチングガスに代えて、タングステン系の金属をデポジションできるガスを供給する。このガスは、金属を含み、電子線で分解し、金属が堆積するガス、例えば、金属のカルボニル系やメチル系でもよく、金属はタングステン、銅、銀等の貴金属及びアルミニウム、クロムでもよい。図2(D)の場合、成形開口板5の矩形開口6をもってx方向及びy方向に平行な辺を有する矩形に成形された成形ビーム23をx方向（図2(D)において符号24で示す方向）に走査し、白欠陥26を修正する。図2(E)には、y方向に沿ったパターン21の白欠陥26を修正する場合を示している。この場合も、成形開口板5の矩形開口6をもってx方向及びy方向に平行な辺を有する矩形に成形された成形ビーム23をy方向（図2(E)において符号24'で示す方向）に走査し、白欠陥26を修正する。図2(F)には、x方向及びy方向に対して45度傾斜した方向に沿ったパターン21の白欠陥26を修正する場合を示している。この場合は、成形開口板5の矩形開口7をもってx方向及びy方向に対して45度傾斜した辺を有する矩形に成形された成形ビーム23'を、x方向及びy方向に対して45度傾斜した方向（図2(F)において符号25で示す方向）に走査し、白欠陥26を修正する。

40

【0021】

次に、本発明にかかる、試料修正方法の別の実施例について説明する。図3には、本発明にかかる、対物レンズによって細く絞った電子線をマスクに照射し、欠陥を修正する修

50

正方法に用いられる電子線装置（電子線光学鏡筒）を簡略的に示している。カソード31は、Zr/O-WのショットキーカソードあるいはTaCの熱電界放出カソードを用いている。符号32は、ウェーネルトあるいはショットキーシールドを示し、符号33は、アノードを示している。電子銃は、カソード31と、ウェーネルトあるいはショットキーシールド32と、アノード33とから構成されており、Zr-Wショットキーカソード又はTaCカソード31から電子線を光軸外へ放出、例えば、光軸外の4つの方向へ放出する電子銃であり、この電子銃から放出された電子線は、コンデンサレンズ34で集束される。このコンデンサレンズ34は、電子線を集束させるだけでなく、後述するように方位角方向の回転量を調整可能な電磁レンズで作られている。

【0022】

コンデンサレンズ34の試料（マスク）側には、成形開口板35が配設されている。この成形開口板35には、開口56が形成されている。この開口56は、図4に示すように、電子銃から光軸外の4つの方向へ各々放出された4つのビーム55のうち一つを通過させるように、光軸中心から外れた位置に成形開口板35に少なくとも一つ形成されている。従って、光軸上において電子銃側へ流れるイオンビームを遮断することができる。ビームは、成形開口板35のいずれか一つの開口56を通過し、縮小レンズ36と対物レンズ（対物レンズ用磁気レンズ）40とによって縮小されることにより、マスク（被修正試料）47上に直径が50nm程度の小径ビームとして照射される。すなわち、対物レンズ40によって細く絞った電子線がマスク47に照射される（電子銃から放出された電子線を少なくとも対物レンズにより細く絞り、試料に照射するステップ）。

【0023】

静電偏向器37と、対物レンズ40の電子銃側の上部に設けられたE×B分離用及び走査用静電偏向器38の二段偏向器によって、マスク47上を2次元走査し、マスク47面（試料）から放出される2次電子を小開口43を通過させ、E×B分離用及び走査用静電偏向器38とE×B分離用偏向器（電磁偏向器）39で2次電子軌道52の方向へ偏向し、2次電子検出器（SE検出器）53で検出する。これによって、SEM像を取得することができる（試料のSEM像を取得するステップ）、該SEM像を監視して修正すべき場所を探ることができる。修正すべき場所を特定することができたら、その場所のみ走査を行い（試料のSEM像から該試料の修正すべき場所を探し、該修正すべき場所を電子線で走査するステップ）、ガス供給手段としてのガス導入管50から反応性ガスを導入して（試料上の電子線走査領域における反応性ガスの圧力を増加させるステップ）、エッチング（電子線アシストエッチング）又はデポジション（電子線アシストデポジション）を行う。また、修正が終了したら、再度SEM像を取得して修正が正確に行われているか否かの確認作業を行う（試料の修正が完了したことを確認するステップ）。

【0024】

マスク47と対物レンズとの間には、圧力を制限する小開口（NA用及び圧力制限用開口）43が設けられているため、ガスが導入されるときでも小開口43によって電子銃側は高真空に保たれているのでビームがぼけることはなく、ビームを細く絞ることができ、微細な修正を行うことができる。また、小開口43とマスク47との間は距離が短いため、ビームはごく僅かしかボケない。

【0025】

上記電子線を細く絞る対物レンズ40は、磁気ギャップ42がマスク47側に形成されている磁気レンズ（電磁レンズ）40と、磁気レンズ40のマスク47側に設けられ、マスク47よりも高い電位を有する軸対称電極44とを備えている。マスク47には-4000V程度の負の電圧を与え、電極44には正の高電圧を与えるため、マスク47へのランディングエネルギーを1keV以下にしても、ビームを十分細く絞ることが可能である。また、走査時の軌道51は、小開口43の位置よりも電子銃側に偏向支点54を設けているので、偏向時の収差を小さくすることができる。

【0026】

圧力壁45及び圧力隔壁46は、真空ポンプ（図示せず）と連結されている排管49と

10

20

30

40

50

、ガス導入管50とを仕切る隔壁であり、絶縁材料で成形されている。また、圧力隔壁46の下方側には、圧力隔壁46との間隔が小さくなるようにガードリング48が設けられており、これによって、資料室側へもガスが多く流れないようにしている。また、リング41は、磁気レンズ40のコイルを真空から分離するために設けられている。

【0027】

電子銃のZr/O-Wのショットキーカソードから光軸から角度を有する4つの方向へ放出されるビームの一つのみを用いるため高輝度で利用することができ、ビームを50nmに絞っても500nA以上のビーム電流を得ることができる。従って、高スループットで修理を行うことができると共に、終点検出のためにビームを絞っても良いS/N比でのSEM像を観察することができる。また、電子銃のZr-Wのショットキーカソードから光軸外の4つの方向へ放出されるビームの方位角 方向のどの方向へ強いビーム55が出るのか不明であるため、図4に示すように、成形開口板35の開口56を、ビームの方位角 方向に、かつ、成形開口板35上におけるビームの径幅の間隔をおいて複数(図示のものは、2つ)設けることができる。このようにすることにより、コンデンサレンズ(磁気レンズ)34での回転調整量を少なくすることができる。なお、本実施例では、SEM(走査型電子顕微鏡)型の検査装置を用いた例を示しているが、他の並列撮像の原理を用いた写像光学系の検査装置、イオンを用いたイオンビーム(電子線も含めて荷電粒子線という)光を用いた光線の検査装置にも適用可能である。

10

【0028】

なお、上記各実施例では、マスクの修正について説明しているが、本発明は、これに限定されるものではなく、マスク以外の他の試料、例えば、最先端デバイスを製造中のウェーハ(デスクリートデバイスを製造中のGaAsウェーハ)についても適用可能である。

20

【0029】

上述の試料修正方法で修正したマスクを用いることにより、デバイス製造方法において良好なリソグラフィを行うことができる。以下、図5及び図6を参照して、上述の試料修正方法で修正したマスクを用いることにより半導体デバイスを製造する方法の実施の形態について説明する。図5は、本発明による半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。この実施例の製造工程は以下の主工程を含んでいる。

(1)ウェーハを製造するウェーハ製造工程(又はウェーハを準備するウェーハ準備工程)(ステップ100)

30

(2)露光に使用するマスクを製造するマスク製造工程(又はマスクを準備するマスク準備工程)(ステップ101)

(3)ウェーハに必要な加工処理を行うウェーハプロセッシング工程(ステップ102)

(4)ウェーハ上に形成されたチップを1個ずつ切り出し、動作可能にらしめるチップ組立工程(ステップ103)

(5)組み立てられたチップを検査するチップ検査工程(ステップ104)

なお、上記のそれぞれの主工程は更に幾つかのサブ工程からなっている。

【0030】

これらの主工程中の中で、半導体デバイスの性能に決定的な影響を及ぼすのが(3)のウェーハプロセッシング工程である。この工程では、設計された回路パターンをウェーハ上に順次積層し、メモリやMPUとして動作するチップを多数形成する。このウェーハプロセッシング工程は以下の各工程を含んでいる。

40

(A)絶縁層となる誘電体薄膜や配線部、或いは電極部を形成する金属薄膜等を形成する薄膜形成工程(CVDやスパッタリング等を用いる)

(B)この薄膜層を形成する別の手段であるウェーハ基板を酸化する酸化工程

(C)薄膜層やウェーハ基板等を選択的に加工するためにマスク(レチクル)を用いてレジストパターンを形成するリソグラフィ工程

(D)レジストパターンに従って薄膜層や基板を加工するエッチング工程(例えばドライエッチング技術を用いる)

(E)イオン・不純物注入拡散工程

50

(F)レジスト剥離工程

(G)加工されたウェーハを検査する工程

なお、ウェーハプロセッシング工程は必要な層数だけ繰り返し行い、設計通り動作する半導体デバイスを製造する。

【 0 0 3 1 】

図 6 は、上記ウェーハプロセッシング工程の中核をなすリソグラフィー工程を示すフローチャートである。このリソグラフィー工程は以下の各工程を含む。

(a) 前段の工程で回路パターンが形成されたウェーハ上にレジストをコートするレジスト塗布工程 (ステップ 2 0 0)

(b) レジストを露光する工程 (ステップ 2 0 1)

(c) 露光されたレジストを現像してレジストのパターンを得る現像工程 (ステップ 2 0 2)

(d) 現像されたレジストパターンを安定化するためのアニール工程 (ステップ 2 0 3)

上記の半導体デバイス製造工程、ウェーハプロセッシング工程、リソグラフィー工程については、周知のものでありこれ以上の説明を要しないであろう。

【 0 0 3 2 】

上記 (G) の検査工程に本発明に係る欠陥検査方法、欠陥検査装置を用いると、微細なパターンを有する半導体デバイスでも、スループット良く検査できるので、全数検査が可能となり、製品の歩留まりの向上、欠陥製品の出荷防止が可能と成る。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 3 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明にかかる試料修正方法に用いられる電子線装置 (電子線光学鏡筒) の一例を示す簡略図である。

【 図 2 】 図 2 は、試料修正方法におけるマスク修正の具体例を示す簡略図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明にかかる試料修正方法に用いられる電子線装置 (電子線光学鏡筒) の別の例を示す簡略図である。

【 図 4 】 図 4 は、上記電子線装置に用いることができる成形開口板の開口の一例を示している。

【 図 5 】 図 5 は、半導体デバイスの製造方法の一実施例を示すフローチャートである。

【 図 6 】 図 6 は、図 5 の半導体デバイスの製造方法のうちリソグラフィー工程を示すフローチャートである。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 4 】

- | | | | |
|----|---------------------|----|---------------------|
| 1 | Zr - Wチップ | 2 | ショットキーシールド |
| 3 | チップ加熱用Wフィラメント | 4 | コンデンサレンズ |
| 5 | 成形開口板 | 6 | 矩形開口 |
| 7 | 矩形開口 | 8 | N A 開口 |
| 9 | 縮小レンズ | 10 | 対物レンズ |
| 11 | 高真空排気管 | 12 | 低真空排気管 |
| 13 | ガス注入管 | 14 | 低真空排気管 |
| 15 | 負電源 | 16 | マスク |
| 17 | 冷却ガス | 18 | E x B 分離器 |
| 19 | 2次電子検出器 (S E 検出器) | 20 | 偏向器 |
| 21 | Crパターン | 22 | 黒欠陥 |
| 23 | 成形ビーム | 23 | 成形ビーム |
| 26 | 白欠陥 | 31 | カソード |
| 32 | ウェーハトあるいはショットキーシールド | | |
| 33 | アノード | 34 | コンデンサレンズ |
| 35 | 成形開口板 | 36 | 縮小レンズ |
| 37 | 静電偏向器 | 38 | E x B 分離用及び走査用静電偏向器 |

10

20

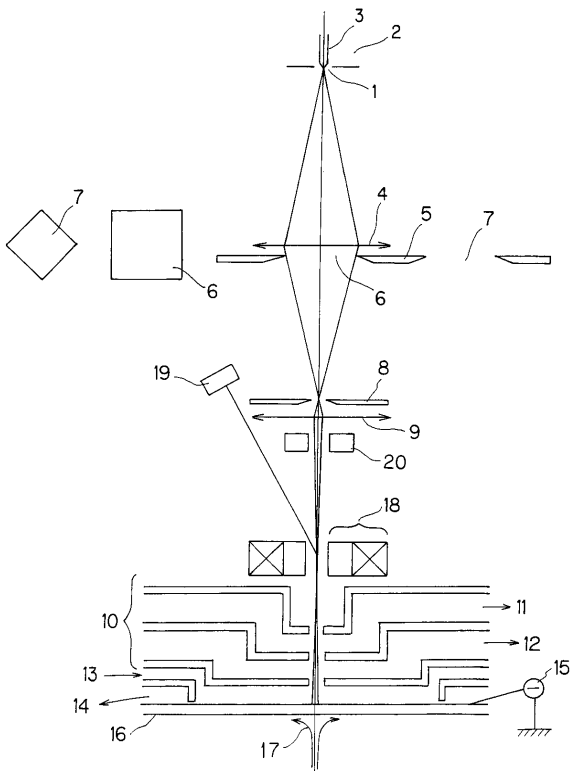
30

40

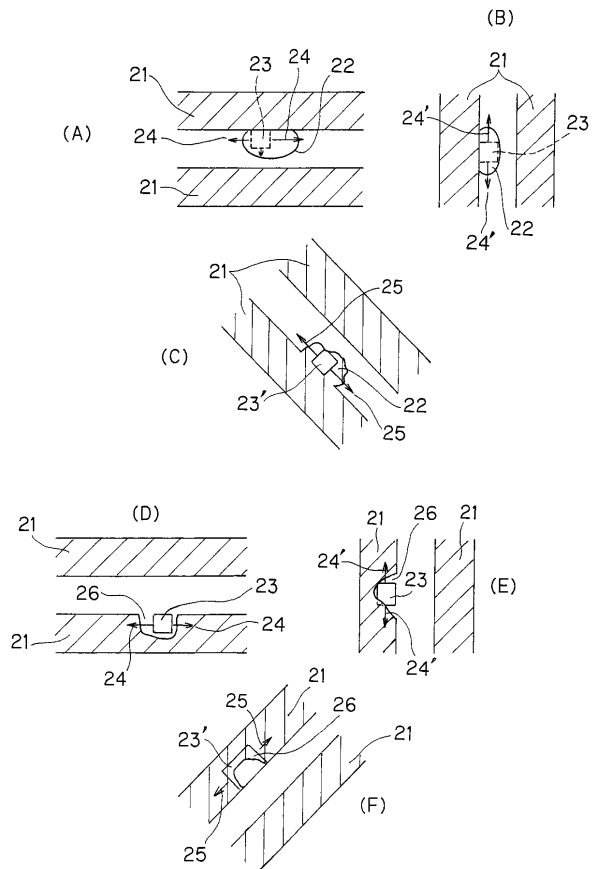
50

- | | | | |
|-----|-----------------------|-----|---------------------|
| 3 9 | E × B分離用偏向器 (電磁偏向器) | 4 1 | Oリング |
| 4 0 | 対物レンズ | 4 3 | 小開口 |
| 4 2 | 磁気ギャップ | 4 5 | 圧力壁 |
| 4 4 | 軸対称電極 | 4 7 | マスク |
| 4 6 | 圧力隔壁 | 4 9 | 排管 |
| 4 8 | ガードリング | 5 1 | 軌道 |
| 5 0 | ガス導入管 | 5 3 | 2次電子検出器 (S E 検出器) |
| 5 2 | 2次電子軌道 | 5 6 | 開口 |
| 5 4 | 偏向支点 | | |

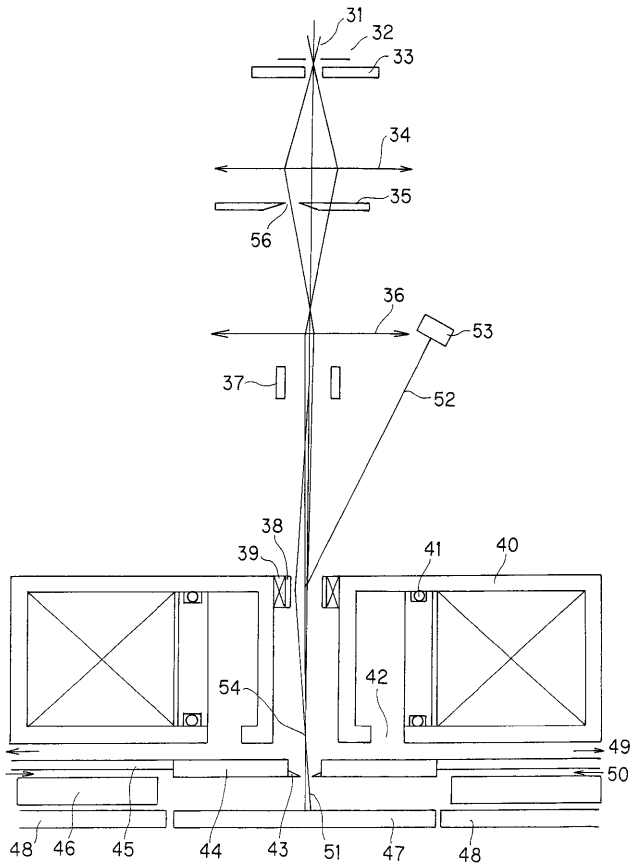
【 図 1 】



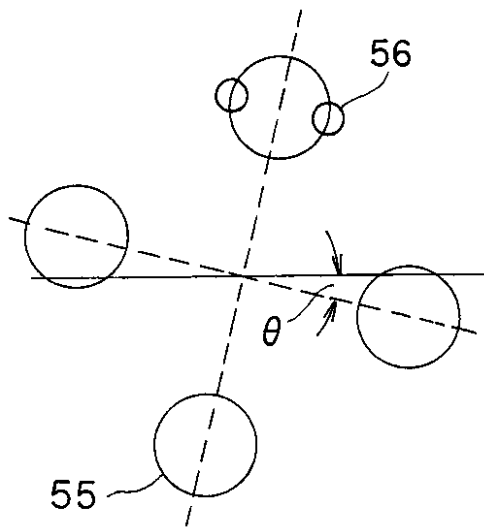
【 図 2 】



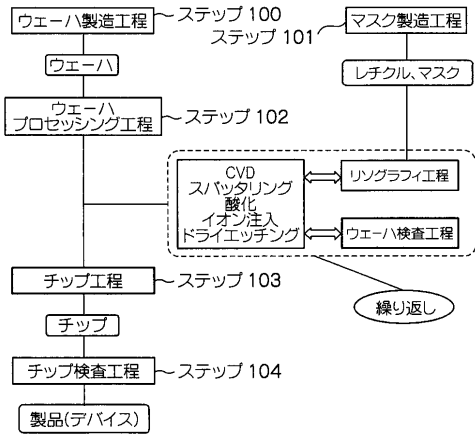
【 図 3 】



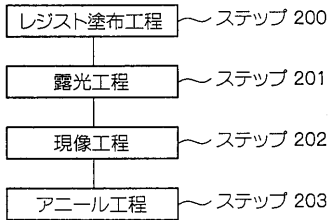
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



フロントページの続き

(51) Int.Cl. ⁷	F I	テーマコード(参考)
	H 0 1 J 37/317	E
	H 0 1 L 21/30	5 0 2 P
	H 0 1 L 21/30	5 0 2 W
(72)発明者 中筋 護		
東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号	株式会社荏原製作所内	
(72)発明者 加藤 隆男		
東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号	株式会社荏原製作所内	
(72)発明者 佐竹 徹		
東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号	株式会社荏原製作所内	
(72)発明者 寺尾 健二		
東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号	株式会社荏原製作所内	
(72)発明者 村上 武司		
東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号	株式会社荏原製作所内	
(72)発明者 野路 伸治		
東京都大田区羽田旭町1 1 番 1 号	株式会社荏原製作所内	
Fターム(参考) 2H095 BD02 BD36		
4E066 AA00 BA01 BA05 BB04 BC02 BE05 CA15		
5C034 BB01 BB02 BB05 BB06		