

(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2007-19242

(P2007-19242A)

(43) 公開日 平成19年1月25日(2007.1.25)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 B	2 H O 9 7
GO 3 F 7/20 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 O 4	5 C O 3 3
HO 1 J 37/147 (2006.01)	HO 1 J 37/147 C	5 C O 3 4
HO 1 J 37/305 (2006.01)	HO 1 J 37/305 B	5 F O 5 6

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2005-198836 (P2005-198836)
 (22) 出願日 平成17年7月7日(2005.7.7)

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成14年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「基盤技術研究促進事業(民間基盤技術研究支援制度)ML2システム基本技術の開発」委託研究、産業再生法第30条の適用を受けるもの)

(71) 出願人 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 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24番14号
 (74) 代理人 100086461
 弁理士 齋藤 和則
 (74) 代理人 100086287
 弁理士 伊東 哲也
 (72) 発明者 小山 泰史
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

最終頁に続く

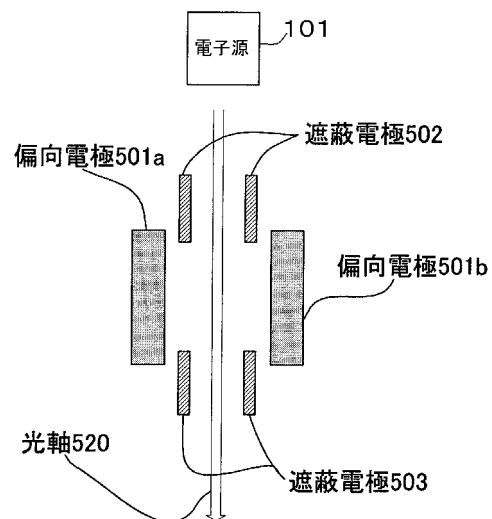
(54) 【発明の名称】 偏向器、荷電粒子線露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】帯電が起りにくく、且つ、帯電による漏れ電界を遮蔽し、影響を最小限にとどめることができる荷電粒子線露光装置に使用される偏向器及びその荷電粒子線露光装置及びその荷電粒子線露光装置を用いるデバイス製造方法を提供する。

【解決手段】偏向器は、偏向電極の上方及び下方のうち少なくとも一方に配置され、対向配置された偏向電極間へ及ぼされる外部電磁界からの影響を低減するための遮蔽電極を有し、偏向電極近傍の部材への荷電粒子の入射を低減し、帯電が起りにくく、帯電による漏れ電界を遮蔽し、影響を最小限にとどめ、部材の帯電による漏れ電界の偏向電極の間への伝播経路を長く且つ複雑にすることが出来る。荷電粒子線露光装置は、荷電粒子源の中間像を複数形成する第1の電子光学系は、偏向器を有するため、偏向器の部材による帯電による影響を低減でき、動作は安定する。デバイス製造方法は、荷電粒子線露光装置を用いてデバイスを製造するため、安定した動作でデバイスを製造できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子源から放射される荷電粒子線が通過する軌道を挟むように対向配置され、前記荷電粒子線の軌道を偏向制御する偏向電極と、

前記偏向電極の上方及び下方のうち少なくとも一方に配置され、

対向配置された前記偏向電極間へ及ぼされる外部電磁界からの影響を低減するための遮蔽電極を備えることを特徴とする荷電粒子線偏向器。

【請求項 2】

前記偏向電極は、前記荷電粒子線の光軸に平行に対向して平板状に形成される請求項 1 記載の荷電粒子線偏向器。

10

【請求項 3】

前記遮蔽電極は、前記荷電粒子線が通過するように筒状に形成される請求項 1 記載の荷電粒子線偏向器。

【請求項 4】

前記対向して配置される偏向電極の間に前記筒状の遮蔽電極の延長部が挿入される請求項 3 記載の荷電粒子線偏向器。

【請求項 5】

前記遮蔽電極は、電氣的に接地される請求項 1 から 4 のいずれかに記載の荷電粒子線偏向器。

【請求項 6】

前記遮蔽電極部材は、Au、Pt、Pd、Ir、Rhのいずれかで構成される請求項 1 から 5 のいずれかに記載の荷電粒子線偏向器。

20

【請求項 7】

アレイ状に配置される請求項 1 から 6 のいずれかに記載の荷電粒子線偏向器。

【請求項 8】

前記偏向電極を有する偏向電極基板と、前記遮蔽電極を有する遮蔽電極基板と、が電極バンプを介して接続される請求項 4 記載の荷電粒子線偏向器。

【請求項 9】

前記偏向電極基板と前記遮蔽電極基板との前記電極バンプを介しての接続はAuによる常温接合である請求項 4 記載の荷電粒子線偏向器。

30

【請求項 10】

荷電粒子線を放射する電子源と、

前記 1 から 9 のいずれかに記載の偏向器を有し、前記荷電粒子源の中間像を複数形成する第 1 の電子光学系と、

前記第 1 の電子光学系によって形成される複数の中間像を露光対象上に投影する第 2 の電子光学系と、

前記露光対象を保持し所定の位置に駆動して位置決めする位置決め装置と、を有し、前記露光対象を露光することを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の荷電粒子線露光装置を用いて露光対象を露光する工程と、露光された前記露光対象を現像する工程と、を備えるデバイス製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、主に半導体集積回路等の露光に使用される、特に、複数の荷電粒子線を用いてパターン描画を行う荷電粒子線露光装置に使用される偏向器及びその荷電粒子線露光装置及びその荷電粒子線露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

50

一般に、半導体デバイスの生産において、電子ビームリソグラフィ技術は、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以下の微細パターンの露光を可能にするリソグラフィ技術として注目されている。このリソグラフィ技術は、従来の光リソグラフィ技術と比較して、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以下の微細パターンが容易に描画できる、物理的なマスクを必要としないためマスクコストがかからず大幅な製造コスト削減が見込める、レイアウトデータを直接描画データに変換できるためTATが短縮する、といった優れた特長をもっている。これまでに、1本ビームでウェハを描画する、いわゆる「一筆書き」と呼ばれる、「可変成形ビーム方式」や、ステンシルマスクに形成したホールパターンや矩形パターンといった繰り返しの多い単純パターンを縮小転写する「図形一括露光方式」等の露光方式が各社から提案されており、実用化されている。

10

しかしながら、従来の電子ビームリソグラフィ技術は、根本的には、1本の電子ビームによりパターンを描画している為、一括転写を前提とした光リソグラフィ技術と比較してパターン露光に要する時間が長く、大量のウェハを効率的に処理する半導体デバイスの大量生産においては、十分なスループットが得られないという課題を抱えている。

これに対して、複数本の電子ビームで同時にパターンを描画する「マルチビームシステム」の提案がなされている。“安田 洋：応用物理 69、1135(1994)”(非特許文献1)及び特開2001-332473号公報(特許文献1)

このシステムは、要素電子光学系により1000本以上の電子ビーム(マルチビーム)の中間像を各々形成し、さらに各中間像を縮小電子光学系を介してウェハに投影してパターンの描画を行なうものであり、従来の一本ビーム方式と比較して、大幅なスループットの向上が期待される。要素電子光学系には、絞り・偏向器・レンズがアレイ状に形成された、アパーチャアレイ・ブランカーアレイ・レンズアレイと呼ばれる電子光学素子が光軸上に縦列に配置されており、これにより1000本ビームのそれぞれを独立に収束及びON/OFF制御し、マルチビームのドットパターンを形成する。

20

【0003】

図8の断面図を参照して、この「マルチビームシステム」に用いられるブランカーアレイを説明する。

ここで、第1の偏向電極52及び第2の偏向電極53の間に開口51が各々設けられる。ブランカーアレイは、偏向器をアレイ状に配列したものであり、開口を通過した荷電粒子ビームを試料上に照射する時には、第1の偏向電極52及び第2の偏向電極53に接地電位の信号を印加し、遮断する時には、第1の偏向電極52及び第2の偏向電極53に正負の電位の信号を同時に印加することで、複数の電子ビームの照射を個別にON/OFF制御する機能を持っている。

30

また、特開2004-152504号公報(特許文献2)では、荷電粒子線を精度よく偏向する偏向器を提供することを目的として、荷電粒子線を偏向する偏向器であって、前記荷電粒子線が通過すべき開口が設けられた基板と、前記荷電粒子線を偏向すべく前記開口内の側面に設けられた偏向電極と、前記偏向電極から延長され、前記開口から外側へ広がる導電性の電極延長部とを備えることを特徴とする偏向器が提案されている。

【特許文献1】特開2001-332473号公報

【特許文献2】特開2004-152504号公報

40

【非特許文献1】安田 洋：応用物理 69、1135(1994)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかし、従来のブランカーアレイは、以下の課題を有している。

露光装置の筐体内には、電子銃から発生される電子線以外にも、ブランキングアパーチャからの散乱電子や、筐体内で二次的に発生する反射電子や2次電子といった浮遊電子が存在する。このような筐体内の浮遊電子が、偏向電極近傍に露出した非導電材料と反応すると、非導電材料表面に帯電電位が発生する。この帯電による漏れ電界は、偏向電極内の電界の形状を歪ませる為、偏向電極内を通過する荷電粒子線の偏向制御及び位置制御を精度

50

よく行うことが難しくなる、結果として、ウェハ上でのビームの位置ズレやピンボケを引き起こすため、精度の良いパターン描画が困難になる。

一方、ブランカーアレイの偏向電極周囲を完全に導電性の材料で被覆することは、作製方法が非常に複雑になり、実際には素子の加工精度や歩留まりの観点から難しい。また、材料の酸化や、荷電粒子線照射化でのコンタミ付着といった観点からも導電性材料による完全被覆は難しいことが分かっている。そのため、電極近傍には、シリコン酸化膜などの絶縁材やカーボンなどの有機非導電物といった、様々な非導電材料が、微小ではあるが露出してしまい、結果として、局所的な帯電電位による偏向電界の歪みを生じさせる。

そこで、本発明は、帯電が起こりにくく、且つ、帯電による漏れ電界を遮蔽し、影響を最小限にとどめることができる荷電粒子線露光装置に使用される偏向器及びその荷電粒子線露光装置及びその荷電粒子線露光装置を用いるデバイス製造方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記課題を解決するために、本発明の荷電粒子線偏向器は、電子源から放射される荷電粒子線が通過する軌道を挟むように対向配置され、前記荷電粒子線の軌道を偏向制御する偏向電極と、

前記偏向電極の上方及び下方のうち少なくとも一方に配置され、対向配置された前記偏向電極間へ及ぼされる外部電磁界からの影響を低減するための遮蔽電極を備える。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記偏向電極は、前記荷電粒子線の光軸に平行に対向して平板状に形成される。

20

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記遮蔽電極は、前記荷電粒子線が通過するように筒状に形成される。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記対向して配置される偏向電極の間に前記筒状の遮蔽電極の延長部が挿入される。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記遮蔽電極は、電氣的に接地される。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記遮蔽電極部材は、Au、Pt、Pd、Ir、Rhのいずれかで構成される。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、アレイ状に配置される。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記偏向電極を有する偏向電極基板と、

30

前記遮蔽電極を有する遮蔽電極基板と、が電極バンプを介して接続される。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器は、前記偏向電極基板と前記遮蔽電極基板との前記電極バンプを介しての接続はAuによる常温接合である。

さらに、本発明の荷電粒子線露光装置は、荷電粒子線を放射する電子源と、前記1から9のいずれかに記載の偏向器を有し、前記荷電粒子源の中間像を複数形成する第1の電子光学系と、

前記第1の電子光学系によって形成される複数の中間像を露光対象上に投影する第2の電子光学系と、

前記露光対象を保持し所定の位置に駆動して位置決めする位置決め装置と、を有し、前記露光対象を露光する。

40

さらに、本発明のデバイス製造方法は、前記荷電粒子線露光装置を用いて露光対象を露光する工程と、露光された前記露光対象を現像する工程と、を備える。

【発明の効果】

【0006】

本発明の荷電粒子線偏向器によれば、前記偏向電極の上方及び下方のうち少なくとも一方に配置され、対向配置された前記偏向電極間へ及ぼされる外部電磁界からの影響を低減するための遮蔽電極を有する。

このため、偏向電極近傍の部材への荷電粒子の入射を低減し、帯電が起こりにくく、且つ、帯電による漏れ電界を遮蔽し、影響を最小限にとどめ、部材の帯電による漏れ電界の偏向電極の間への伝播経路を長く且つ複雑にすることが出来る。

50

さらに、外部電磁界からの漏れ電界による偏向電界の歪みを低減し、帯電によるビームのシフトやボケが最小限に押さえられ、精度の高いパターン描画を行うことが可能になる。

また、遮蔽電極を電氣的に接地する事で、浮遊電位による偏向電界の歪みを防止する。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器によれば、前記対向して配置される偏向電極の間に前記筒状の遮蔽電極の延長部が挿入される。

この延長部を有することにより、本発明の荷電粒子線偏向器を高い加工精度で容易に作製することが可能になる。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器によれば、前記遮蔽電極部材は、Au、Pt、Pd、Ir、Rhのいずれかで構成される。このため、電極表面は酸化せず、表面酸化膜による帯電を防止することが出来るため、より精度の高い偏向制御が実現可能である。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器によれば、アレイ状に配置されるため、複数の荷電粒子線を独立に、且つ、精度良く偏向制御することができ、スループットの高いマルチ荷電粒子線描画装置を実現することができる。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器によれば、前記偏向電極を有する偏向電極基板と、前記遮蔽電極を有する遮蔽電極基板と、が電極バンプを介して接続される。

このため、本発明の荷電粒子線偏向器を、加工精度良く、また、歩留まり良く作製できる。

また、偏向電極と遮蔽電極間及び偏向電極と遮蔽電極の延長部間を空隙により絶縁することが出来、ビーム通過領域近傍において、両電極を絶縁する部材の帯電を防止できる。

また、電極バンプの高さと遮蔽電極の延長部の高さを制御することにより、偏向電極と遮蔽電極の空隙の幅を、 μm オーダーで制御することが出来、漏れ電界の遮蔽能が上がる。

さらに、本発明の荷電粒子線偏向器によれば、前記偏向電極基板と前記遮蔽電極基板との前記電極バンプを介しての接続はAuによる常温接合である。

このため、Au常温接合により両基板を電極バンプを介して接続することで、接着剤が不要な為、コンタミ低下や製造歩留まり向上する。

また、常温での接合により熱処理が不要なため、接合後の温度による材料の膨張率の違いによる変形が避けられるため、加工精度及び加工容易性が著しく向上する。

さらに、本発明の荷電粒子線露光装置によれば、前記荷電粒子源の中間像を複数形成する第1の電子光学系は、前記偏向器を有するため、偏向器の部材による帯電による影響を低減でき、また、部材の帯電からの漏れ電界による偏向電界の歪みを低減することが出来、本発明の荷電粒子線露光装置の動作は安定する。

また、偏向器が簡単な構成のため、信頼性が高く、歩留まり良く安価に製造できる。

さらに、本発明のデバイス製造方法によれば、前記荷電粒子線露光装置を用いてデバイスを製造するため、安定した動作でデバイスを製造できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0007】

以下、本発明を、その実施例に基づいて、図面を参照して説明する。

【実施例1】

【0008】

まず、図1等を参照して本発明の実施例1の偏向器を説明する。

図1は本発明の実施例1の偏向器500の概念図で、図6(a)は断面図、図6(b)は偏向電極501の上面図、図6(c)は遮蔽電極502及び503の平面図である。なお、図6(a)の断面図は、図6(b)及び(c)の平面図のA-A'位置における断面が示される。図7は本発明の実施例1の偏向器500の製造プロセス図である。

なお、本発明の実施例1の偏向器を電子ビームに対して実施した場合を前提として説明を進めるが、イオンビームに対しても同様に適用することが出来る。

図1を参照して、本発明の実施例1の偏向器500の電極構成と効果について説明する。

10

20

30

40

50

偏向器 500 は、電子ビームの光軸 520 上に配置された、平行平板型の偏向電極 501、光軸 520 上の偏向電極 501 の上下に配置された筒型の第 1 遮蔽電極 502、第 2 遮蔽電極 503 から構成される。偏向電極 501 と第 1 遮蔽電極 502 は、本発明に係る通り、少なくとも一部が荷電粒子線の光軸 520 と垂直な平面において共存する、すなわち、図 1 において、偏向電極 501 と第 1 遮蔽電極 502 の光軸 520 方向の端が、一致若しくは重なるように配置されている。偏向電極 501 と第 2 遮蔽電極 503 についても同様に配置されている。なお、偏向電極 501 と第 1 遮蔽電極 502 間、及び偏向電極 501 と第 2 遮蔽電極 503 間は、数 μm の空隙により電氣的に絶縁されている。このような電極構成においては、第 1 遮蔽電極 502、第 2 遮蔽電極 503 が、偏向電極 501 近傍の部材のもつ電位、例えば帯電電位により発生する電界が、第 1 偏向電極 501 a と第 2 偏向電極 501 b 間へ伝播することを防ぐため、偏向電極間の偏向電界が歪まない。このため、帯電等の外部電界によるビームシフトやボケが最小限に押さえられ、精度の高いパターン描画を行うことが可能になる。

10

20

30

40

50

【0009】

次に、図 6 を用いて、本発明の実施例 1 である偏向器 500 について説明する。

なお、偏向器 500 をマトリックス状に配置すれば、マルチビームシステムに対応した偏向器アレイとなる。

先ず、偏向器 500 の構造について説明する。図 6 に示されるように、偏向器 500 は偏向電極からなる偏向電極基板 501 と、接地された遮蔽電極からなる第 1 遮蔽電極基板 502、及び第 2 遮蔽電極基板 503 が光軸方向に積層された構造になっている。

なお、以後は、第 1 遮蔽電極基板 502 と第 2 遮蔽電極基板 503 は、同一構造のものが上下反転して設置されていることから、同一基板として説明する。

偏向電極基板 501 は、光軸 520 を挟んで配置された第 1 偏向電極 501 a と第 2 偏向電極 501 b 及び、第 1 偏向電極 501 a に電圧信号を送る第 1 電圧印加手段 504 a、第 2 偏向電極 501 b に電圧信号を印加する第 2 電圧印加手段 504 b 及び、絶縁層 505、グランド層 506 及び母材基板 510 からなる。

本実施例においては、第 1 偏向電極 501 a 及び第 2 偏向電極 501 b には銅を、電圧印加手段 504 a 及び 504 b 及びグランド層 506 には金を、母材基板 510 には微細加工性の良いシリコンを、絶縁層 505 には絶縁性の高い二酸化シリコン及び窒化シリコンを用いた。第 1 偏向電極 501 a 及び第 2 偏向電極 501 b は、金・銅・アルミニウム・白金・パラジウムといった低抵抗の金属材料を用いることが出来る。電圧印加手段 504 a、504 b 及びグランド層 506 は、金・銅・アルミニウム・白金・パラジウムといった低抵抗の金属材料を用いることが出来るが、特に表面層は金を使用した。その理由は、各電極基板を電極パンプを介して金常温接合により接続・積層することで、各電極基板を光軸 520 方向及び基板平面方向において精度良く積層出来ること、また接着剤が不要な為コンタミ低下や製造歩留まり向上が期待できること、また熱処理が不要なため接合後の温度による材料の膨張率の違いによる変形が避けられ加工容易性が向上することからくるものである。第 1 偏向電極 501 a 及び第 2 偏向電極 501 b の寸法は、例えば幅 $10\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ 、光軸 520 方向の高さが $200\ \mu\text{m}$ であり、第 1 偏向電極 501 a と第 2 偏向電極 501 b の間の電子ビーム通過用貫通孔 517 の寸法は幅 $30\ \mu\text{m} \times 50\ \mu\text{m}$ である。これらの寸法は所望の偏向感度により決定される。

その他、各主要な部材の寸法は図中に示した通りである。なお、第 1 偏向電極 501 a 及び第 1 電圧印加手段 504 a は、絶縁層 505 を介して第 2 偏向電極 501 b 及び第 2 電圧印加手段 504 b 及びグランド層 506 とは電氣的に絶縁されている。

また、第 2 偏向電極 501 b 及び第 2 電圧印加手段 504 b は、絶縁層 505 を介して第 1 偏向電極 501 a 及び第 1 電圧印加手段 504 a 及びグランド層 506 とは電氣的に絶縁されている。遮蔽電極基板 502 及び 503 は、母材基板に幅 $20\ \mu\text{m} \times 40\ \mu\text{m}$ の電子ビーム通過用貫通孔 518 が開いた構造をとり、電極パンプ 507、遮蔽電極部材 508、遮蔽電極延長部 509 及びシリコンからなる母材基板 511 から構成される。

【0010】

本実施例においては、電極パンプ507には、各電極基板を電極パンプを介して金常温接合により接続・積層するため、金を使用した。その理由は上述した通りである。また、遮蔽電極部材508及び遮蔽電極延長部には、酸化しないこと、機械強度が比較的高いこと、加工の容易性及びシリコンとの相性が比較的良好なことからパラジウムを選択した。なお、各電極材料は金、白金、イリジウム、ロジウム、パラジウムなどの貴金属材料も用いることが出来る。電極パンプの大きさは幅 $20\mu\text{m}$ × $20\mu\text{m}$ 、高さ $15\mu\text{m}$ であり、偏向電極基板との積層後には、高さ $6\mu\text{m}$ まで塑性変形する。

また、図6に示すのは省略したが、各電極基板の接続後の接合強度を確保するために、遮蔽電極基板502上には、略線対称となる位置に電極パンプ507を全380個配置している。遮蔽電極部材508及び遮蔽電極延長部509は、厚さ最大約 $2\mu\text{m}$ であり、電極延長部509の光軸方向の長さは $8\mu\text{m}$ である。その他主要各部材の寸法は図示の通りである。

10

偏向器500は、電極パンプを介して、電氣的且つ機械的に偏向電極基板501と、第1遮蔽電極基板502、第2遮蔽電極基板503が光軸方向接続・積層されて形成されている。本実施例の場合は、偏向電極基板上の金からなるグランド層506と遮蔽電極基板上の金からなる電極パンプが接合されることで、各電極基板が電氣的且つ機械的に接続・積層されている。

上述の説明により、接続後の偏向電極基板501と遮蔽電極基板502の基板間の距離は、電極パンプ507の高さと同じ $6\mu\text{m}$ であり、遮蔽電極延長部509の長さは $8\mu\text{m}$ であることから、光軸方向において、遮蔽電極延長部509の端部と偏向電極501a、501bの端部が $2\mu\text{m}$ 重なった構造になっている。また、光軸520に垂直な平面においても、遮蔽電極延長部509と偏向電極501a、501bの間に約 $3\mu\text{m}$ の空隙が形成された構造になっており、各電極は電氣的に絶縁されている。このような構造において、偏向器500は、遮蔽電極502、503により、電子ビームが直接偏向電極基板501に露出した絶縁層505に照射されることが無くなるだけでなく、浮遊電子等による絶縁層505やコンタミ等の帯電電位に対しても、電界の偏向電極内部への伝播経路を長く且つ複雑にしているため、偏向電極内への漏れ電界を略完全にシールドしている。

20

【0011】

次に、本発明の実施例1の偏向器500の動作について説明する。

電子ビームが、第1偏向電極501aと第2偏向電極501bとの間を通過するように照射された時を考える、第1偏向電極501a、第2偏向電極501bに接地電位の信号を印加した場合には、両電極間を通過する電子ビームは軌道を変えずに通過する。

30

一方、第1偏向電極501a、第2偏向電極501bに正負の電位の信号を同時に印加した場合には、両電極間に偏向電界が発生し、電子ビームを所望の方向に偏向することが出来る。また、第1遮蔽電極502、第2遮蔽電極503は、常時接地電位が与えられており、第1遮蔽電極502、第2遮蔽電極503が浮遊電位を持つことによる偏向電界の歪みを防止している。

次に、上記説明した偏向器500の作製方法について図7(a)~(k)を用いて説明する。なお、偏向器500は主に半導体プロセスを用いて作製されるため、偏向器をマトリックス状に配置したマスクパターンを使用すれば、同様のプロセスにて偏向器アレイが作製できる。

40

【0012】

先ず、本実施例1を構成する偏向電極基板501の作製方法を、図7(a)~(e)を参照して説明する。

(1)母材基板510を用意する。母材基板510はシリコンより成り、厚さは例えば $200\mu\text{m}$ のものを用いるが、偏向感度を決定する重要な要素である。(図7(a))次に、熱酸化法を用いて、母材基板510の表裏面に膜厚 $1.5\mu\text{m}$ の二酸化シリコン層を形成する(不図示)。母材基板510の表面にノボラック系のレジストを用いて、フォトリソグラフィを行い、エッチングのマスクを形成する(不図示)。

50

次に、CF₄やCHF₃等のガスを用いた反応性イオンエッチングを行い、二酸化シリコンをエッチングする。その後、レジストを除去する（不図示）。

(2) 二酸化シリコン層をマスクとして、シリコンである母材基板510に誘導結合型プラズマ及美BOSCHプロセスを用いた反応性イオンエッチングを行い、貫通孔516を形成する（不図示）。この貫通孔516が第1偏向電極501a及び第2偏向電極501bのモールドとなる。その後、マスクである二酸化シリコン層をバッファードフッ酸を用いて、除去する（不図示）。その後、熱酸化法を用いて、母材基板510の表裏面及び開口の側壁に膜厚1.5μmの二酸化シリコン層を成膜する。さらにLPCVD法を用いて、0.5μmの窒化シリコン層を同様に成膜し、2μmの厚さの絶縁層505を形成する（図3(b)）。

10

(3) CVDや電気めっき法を用いて、貫通孔516内部に銅の埋め込み成膜を行い、母材基板510の表裏面に銅を突出させる。（不図示）。次に、母材基板510の表裏面に突出した銅を化学機械研磨(CMP)を用いて平坦化する（図7(c)）。

(4) 母材基板510の表面に対して、電圧印加手段504a、504b及びグランド層506となる金属層として、チタン/金をそれぞれ50nm/200nmの厚さで連続蒸着する。その後、金属層上にノボラック系のレジストを用いて、フォトリソグラフィを行い、エッチングのマスクを形成する（不図示）。次に、塩素やアルゴン等のガスを用いた反応性イオンエッチングを行い、チタン/金をエッチングし、電圧印加手段504a、504b及びグランド層506を形成する。その後、レジストを除去する（不図示）。同様に、母材基板510の裏面に対して、グランド層506となる金属層としてチタン/金をそれぞれ50nm/200nmの厚さで連続蒸着し、その後反応性イオンエッチングを行い、チタン/金をエッチングし、グランド層506を形成する。（図7(d)）。

20

(5) 絶縁層505上にノボラック系のレジストであるAZP4620(クラリアントジャパン製)を8μmの厚さで塗布して、フォトリソグラフィを行い、エッチングのマスクを形成する（不図示）。

次に、CF₄やCHF₃等のガスを用いた反応性イオンエッチングを行い、絶縁層505に開口を形成する。次に、誘導結合型プラズマ及びBOSCHプロセスを用いた反応性イオンエッチングを用いて、シリコンから成る母材基板510をエッチングし底面の絶縁層505を露出させ、貫通孔517となる開口形成する。次に、バッファードフッ酸及びCF₄を用いたケミカルドライエッチングを行ない、開口内の二酸化シリコンと窒化シリコンからなる絶縁層505を除去し、貫通孔517内部に第1偏向電極501a及び第2偏向電極501bを露出させる。その後、レジストを除去し、偏向電極基板501が完成する（図7(e)）。

30

【0013】

次に、本実施例を構成する遮蔽電極基板502の作製方法を、図7(f)~(j)を参照にして説明する。

(6) 母材基板511を用意する。母材基板511はシリコンより成り、厚さは例えば200μmのものを用いる。

次に、熱酸化法を用いて、母材基板510の表裏面に膜厚0.1μmの二酸化シリコンからなるバリア膜513を形成し、その後、裏面のみバッファードフッ酸を用いて二酸化シリコンを除去する。（不図示）。バリア膜513は母材シリコンが遮蔽電極部材508となる金属と拡散・反応するのを防止する役割を果たす。次に、バリア膜513表面に対して、シード層512となる金属層としてチタン/パラジウムをそれぞれ50nm/500nmの厚さで連続蒸着する。シード層512は最終的には遮蔽電極部材508となる（図7(f)）。次に、シード層512表面に、ノボラック系のレジストであるAZP4903を15μmの厚さで塗布して、フォトリソグラフィを行い、電極バンプ507の型となるレジストモールドを形成する（不図示）。次に、シード層512をシード電極として、電気めっきにより、15μm厚さの電極バンプ507を形成する。その後レジストを除去する（図7(g)）。

40

(7) 次に、ノボラック系のレジストであるAZP4903を22μmの厚さで塗布して

50

、フォトリソグラフィを行い、幅 $20\ \mu\text{m} \times 40\ \mu\text{m}$ の開口からなるレジストパターン 514 を形成する。

次に、レジストパターン 514 をマスクとして、塩素やアルゴン等のガスを用いた反応性イオンエッチングにより、シード層 512 のチタン/パラジウムをエッチングする。次に、レジストパターン 514 をマスクとして、 CF_4 や CHF_3 等のガスを用いた反応性イオンエッチングにより、バリア層 513 の二酸化シリコンをエッチングし母材基板 511 であるシリコン表面を露出させる。

次に、レジストパターン 514 をマスクとして、誘導結合型プラズマ及び BOSCH プロセスを用いた反応性イオンエッチングを行い、母材基板 511 であるシリコンをエッチングし、電子ビーム通過用貫通孔 518 を形成する。この際、レジストパターン 514 の厚さは約 $18\ \mu\text{m}$ になっている。(図 7 h)。

(8) 裏面からシード層 515 となる金属層としてクロム/パラジウムを $100/500\ \text{nm}$ の厚さで連続蒸着する。次に、表面から、 O_2 等のガスを用いたプラズマエッチングにより、レジストパターン 514 をアッシングし、レジストパターン 514 の厚さを $16\ \mu\text{m}$ にする(図 7 (i))。その後、無電解メッキ法により Pd を $1.5\ \mu\text{m}$ の厚さで形成する。この際、母材基板 511 裏面、電子ビーム通過用貫通孔 518 内部、及びレジストパターン 514 側面の Pd シード層 515 のある部分には Pd 膜が成長し、遮蔽電極部材 508 及び遮蔽電極延長部 509 が形成される。本実施例のレジストパターン 514 の膜厚では、遮蔽電極基板 511 表面から $8\ \mu\text{m}$ の高さを持つ遮蔽電極延長部 509 が形成される。なお、レジストパターン 514 の膜厚及びシード層 515 膜厚及び Pd めっき膜厚を 20 変えることで、遮蔽電極延長部 509 は所望の高さに制御すること出来る。その後レジストを除去し、遮蔽電極基板 502 が完成する(図 7 (j))。

【0014】

次に、本実施例 1 の偏向器 500 の作製方法の最終工程にあたる、基板接続工程について説明する。

(9) 偏向電極基板 501 と遮蔽電極基板 502 を 1 枚ずつ用意し、市販の表面活性化ウェハボンダーに、遮蔽電極延長部 509 と偏向電極基板 501 上面とが向かい合う向きで装填する。次に、各基板上のアライメントマークの画像処理により(不図示)、電子ビームの光軸 520 上に、偏向電極基板 501 上のビーム通過用貫通孔 517 と遮蔽電極基板 502 上のビーム通過用貫通孔 518 が配置されるように位置合わせをおこなう。なお、市販のウェハボンダーによれば、装置仕様で $\pm 2\ \mu\text{m}$ 、実質 $\pm 1\ \mu\text{m}$ 以内の実装精度にて位置合わせをおこなうことが出来る。次に、Ar プラズマにて両基板のグラウンド層 506、電極パンプ 507 の表面を洗浄・活性化後、直ちに光軸 520 方向に、圧力換算で約 $420\ \text{MPa}$ の荷重を加えて電極パンプ 507 を塑性変形させ、グラウンド層 506 と電極パンプ 507 の表面を物理的に接合し、偏向電極基板 501 と遮蔽電極基板を機械的かつ電氣的に接続する。同様に、偏向電極基板 501 下面にも同様に遮蔽電極基板 502 を接続・積層し、偏向器 500 が完成する。

【実施例 2】

【0015】

次に、本発明の実施例 1 の荷電粒子線の偏向器をマトリックス状に配置した偏向器アレイをブランカーアレイとして用いた本発明の実施例 2 の荷電粒子線露光装置を説明する。

なお、電子ビームに限らずイオンビームを用いた露光装置にも同様に適用できる。

図 2 の要部概略図を参照して、本発明の実施例 2 の荷電粒子線露光装置を説明する。

図 3 において、マルチソースモジュール 1 は、複数の電子源像を形成し、その電子源像から電子ビームを放射する。マルチソースモジュール 1 は、 3×3 に配列されていて、その詳細については後述する。磁界レンズアレイ 21、22、23、24 は、 3×3 に配列された同一形状の開孔を有する磁性体円板 MD を間隔を置いて上下に配置し、共通のコイル CC によって励磁したものである。その結果、各開口部分が各磁界レンズ ML の磁極となり、設計上レンズ磁界を発生させる。各マルチソースモジュール 1 の複数の電子源像は、磁界レンズアレイ 21、22、23、24 の対応する 4 つの磁界レンズ (ML1, ML 40

10

20

30

40

50

2、ML3，ML4)によって、ウェハ4上に投影される。

そして、一つのマルチソースモジュール1からの電子ビームがウェハに照射するまでに、その電子ビームに作用する光学系をカラムと定義する。

すなわち、本実施例2は、9カラム(c o l . 1 ~ c o l . 9)から構成される。この時、磁界レンズアレイ21と磁界レンズアレイ22の対応する2つの磁界レンズで、一度、像を形成し、次にその像を磁界レンズアレイ23と磁界レンズアレイ24の対応する2つの磁界レンズでウェハ4上に投影している。そして、磁界レンズアレイ21、22、23、24のそれぞれの励磁条件を共通コイルで個別に制御することにより、各カラムの光学特性(焦点位置、像の回転、倍率)のそれぞれを略一様に言い換えれば同じ量だけ調整することができる。主偏向器3は、マルチソースモジュール1からの複数の電子ビームを偏向させて、複数の電子源像をウェハ4上でX，Y方向に変位させる装置である。

ステージ5は、ウェハ4を載置し、光軸AX(Z軸)と直交するXY方向とZ軸回りの回転方向に移動可能な装置で、ステージ基準板6が固設される。反射電子検出器7は、電子ビームによってステージ基準板6上のマークが照射された際に生じる反射電子を検出する装置である。

【0016】

次に、図3は、一つのカラムの詳細図で、図3を用いてマルチソースモジュール1およびマルチモジュール1からウェハ4の照射される電子ビームの光学特性の調整機能について説明する。

電子源101は、電子銃から構成され、クロスオーバー像を形成する。この電子源101から放射される電子ビームは、コンデンサーレンズ102によって略平行な電子ビームとなる。本実施例のコンデンサーレンズ102は、3枚の開口電極から成る静電レンズである。アパーチャアレイ103は、開孔が2次元配列して形成された構成要素、レンズアレイ104は、同一の光学パワーを有する静電レンズが2次元配列して形成された構成要素、偏向器アレイ105，106は、個別に駆動可能な静電の8極偏向器が2次元配列して形成された構成要素、ブランカーアレイ107は、個別に駆動可能な静電のブランカーが2次元配列して形成された構成要素である。本発明の実施例1において説明した偏向器アレイはブランカーアレイとして用いられる。

【0017】

次に、図4を用いて各機能を説明する。

コンデンサーレンズ102からの略平行な電子ビームは、アパーチャアレイ103によって複数の電子ビームに分割される。分割された電子ビームは、対応するレンズアレイ104の静電レンズを介して、ブランカーアレイ107の対応するブランカー上に、電子源101の中間像101aを形成する。この時、偏向器アレイ105、106は、ブランカーアレイ107上に形成される電子源の中間像101aの位置(光軸と直交する面内の位置)を個別に調整する。

また、ブランカーアレイ107で偏向された電子ビームは、図3に示されるブランキングアパーチャAPによって遮断されるため、ウェハ4には照射されない。一方、ブランカーアレイ107で偏向されない電子ビームは、図3に示されるブランキングアパーチャAPによって遮断されないため、ウェハ4には照射される。

図3に示されるマルチソースモジュール1で形成された電子源の複数の中間像101aは、磁界レンズアレイ21と磁界レンズアレイ22の対応する2つの磁界レンズを介して、ウェハ4に投影される。この時、複数の中間像101aがウェハ4に投影される際の光学特性のうち、像の回転、倍率は、ブランカーアレイ107上の各中間像101aの位置を調整できる偏向器アレイ104、105で調整でき、焦点位置は、カラムc o l . 1 ~ c o l . 9毎に設けられた静電若しくは磁界レンズから成るダイナミックフォーカスレンズ108、109で調整できる。

【0018】

次に、図5の参照して本発明の実施例2のシステム構成を説明する。

ブランカーアレイ制御回路41は、ブランカーアレイ107を構成する複数のブランカ

10

20

30

40

50

ーを個別に制御する回路、偏向器アレイ制御回路42は、偏向器アレイ104、105を構成する偏向器を個別に制御する回路、D_FOCUS制御回路43は、ダイナミックフォーカスレンズ108、109を個別に制御する回路、主偏向器制御回路44は、主偏向器3を制御する回路、反射電子検出回路45は、反射電子検出器7からの信号を処理する回路である。これらのブランカーアレイ制御回路41、偏向器アレイ制御回路42、D_FOCUS制御回路43、主偏向器制御回路44、反射電子検出回路45は、カラムcol.1~col.9の数である9個装備されている。

磁界レンズアレイ制御回路46は、磁界レンズアレイ21,22,23,24のそれぞれの共通コイルを制御する回路、ステージ駆動制御回路47は、ステージの位置を検出する不図示のレーザ干渉計と共同してステージ5を駆動制御する制御回路である。主制御系48は、上記複数の制御回路を制御し、電子ビーム露光装置全体を管理する。

【実施例3】

【0019】

次に、図9、図10を参照して、本発明の実施例2の荷電粒子線露光装置を用いて半導体デバイスを製造する本発明の実施例3のデバイス製造方法を説明する。

図9は微小デバイス(ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等)の製造のフローを示す。ステップ1(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2(露光制御データ作成)では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。一方、ステップ3(ウエハ製造)ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ5(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作製されたウエ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)等の工程を含む。ステップ6(検査)ではステップ5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、これが出荷(ステップ7)される。

図10は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ11(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12(CVD)ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ13(電極形成)ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ14(イオン打込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ15(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ16(露光)では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ17(現像)では露光したウエハを現像する。ステップ18(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19(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って、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の偏向器の構成図である。

【図2】本発明の荷電粒子線露光装置の要部概略図である。

【図3】本発明の荷電粒子線露光装置を構成するカラム毎の電子光学系の構成図である。

【図4】本発明の荷電粒子線露光装置を構成するマルチソースモジュールの機能の説明図である。

【図5】本発明の荷電粒子線露光装置のシステム構成図である。

【図6】本発明の偏向器の詳細な構造図である。

【図7】本発明の偏向器の作製方法の説明図である。

【図8】マルチビームシステムに用いられるブランカーアレイの説明図である。

【図9】本発明のデバイス製造方法のフローの説明図である。

【図10】図9のフローの詳細なウエハプロセスの説明図である。

【符号の説明】

10

20

30

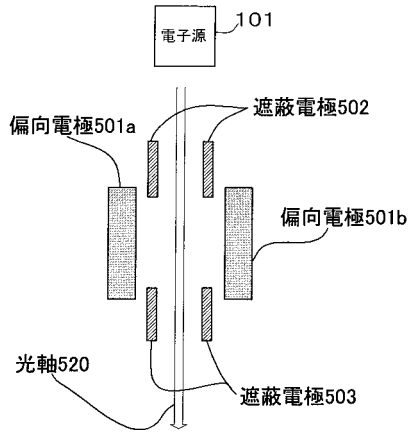
40

50

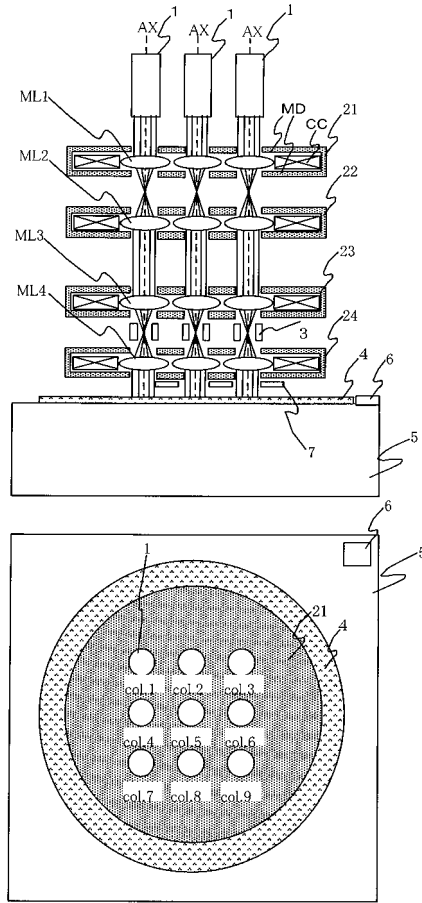
【 0 0 2 1 】

1	マルチソースモジュール	
2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4	磁界レンズアレイ	
3	主偏向器	4 ウェハ
5	ステージ	
6	ステージ基準板	7 反射電子検出器
1 0 1	電子源	1 0 2 コンデンサーレンズ
1 0 3	アパーチャアレイ	1 0 4
1 0 5、1 0 6	偏向器アレイ	
1 0 7	ブランカーアレイ	
1 0 8、1 0 9	ダイナミックフォーカスレンズ	
4 1	ブランカーアレイ制御回路	4 2 偏向器アレイ制御回路
4 3	D _ F O C U S 制御回路	4 4 主偏向制御回路
4 5	反射電子検出回路	4 6 磁界レンズアレイ制御回路
4 7	ステージ駆動制御回路	4 8 主制御系
5 1	開口	5 2 第 1 ブランキング電極
5 3	第 2 ブランキング電極	5 0 0 偏向器
5 0 1	偏向電極 (又は偏向電極基板)	
5 0 1 a、5 0 1 b	第 1 偏向電極、第 2 偏向電極	
5 0 2	遮蔽電極 (又は遮蔽電極基板)	
5 0 3 a、5 0 3 b	第 1 遮蔽電極、第 2 遮蔽電極	
5 0 4 a、5 0 4 b	第 1 電圧印加手段、第 2 電圧印加手段	20
5 0 5	絶縁層	5 0 6 グランド層
5 0 7	電極バンブ	5 0 8 遮蔽電極部材
5 0 9	遮蔽電極延長部	5 1 0 母材基板 (偏向電極基板)
5 1 1	母材基板 (遮蔽電極基板)	5 1 2 シード電極 (電極バンブ)
5 1 3	バリア層	5 1 4 レジストパターン
5 1 5	シード層 (P d めっき用)	5 1 6 貫通孔 (偏向電極モールド用)
5 1 7	ビーム通過用貫通孔 (偏向電極基板)	
5 1 8	ビーム通過用貫通孔 (遮蔽電極基板)	
5 2 0	光軸	5 3 0 電源 (偏向電極)
5 3 1	接地電源 (遮蔽電極)	30
M L A	磁界レンズアレイ	
M L	磁界レンズ	
M D	磁性体円板	
C C	共通コイル	

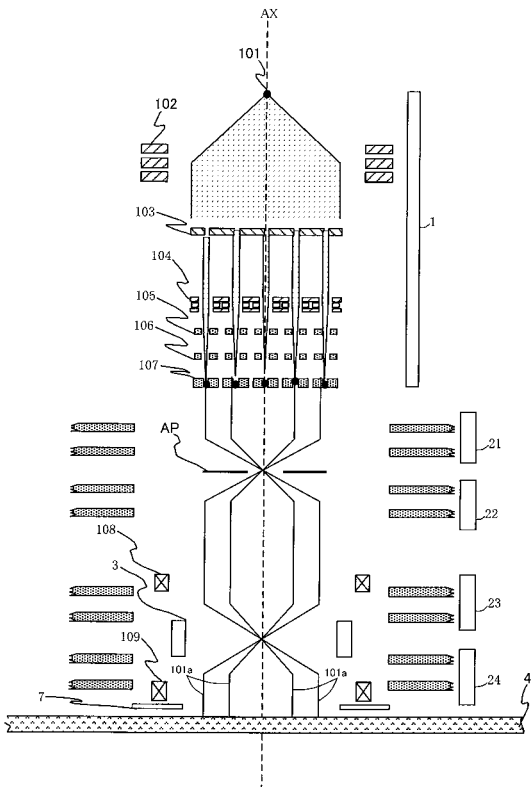
【 図 1 】



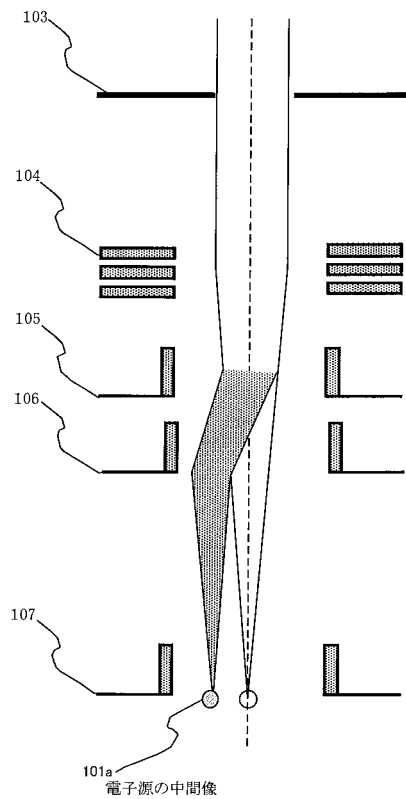
【 図 2 】



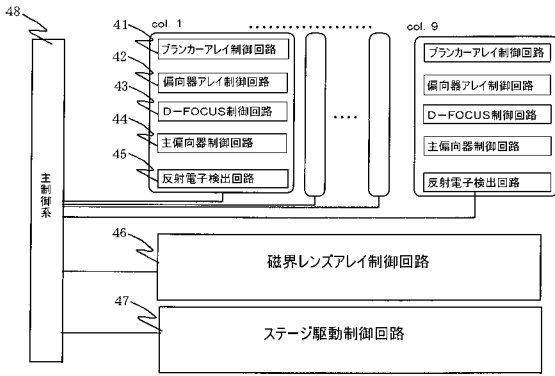
【 図 3 】



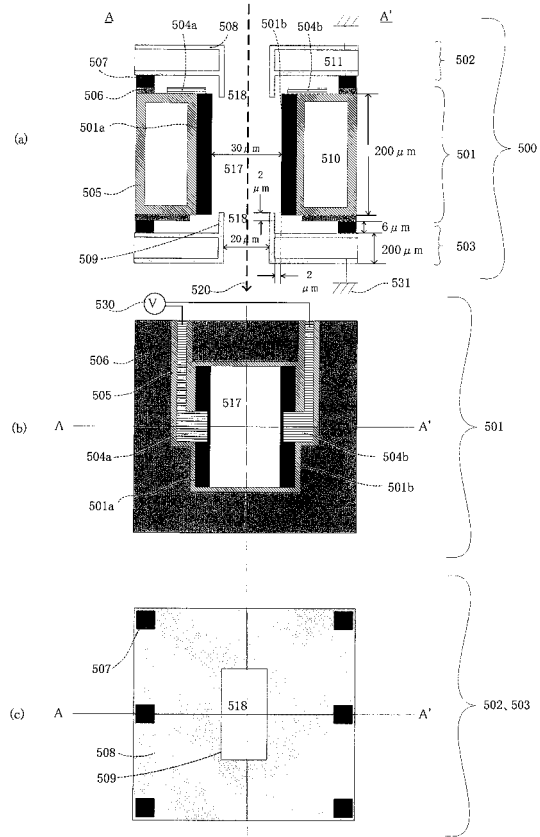
【 図 4 】



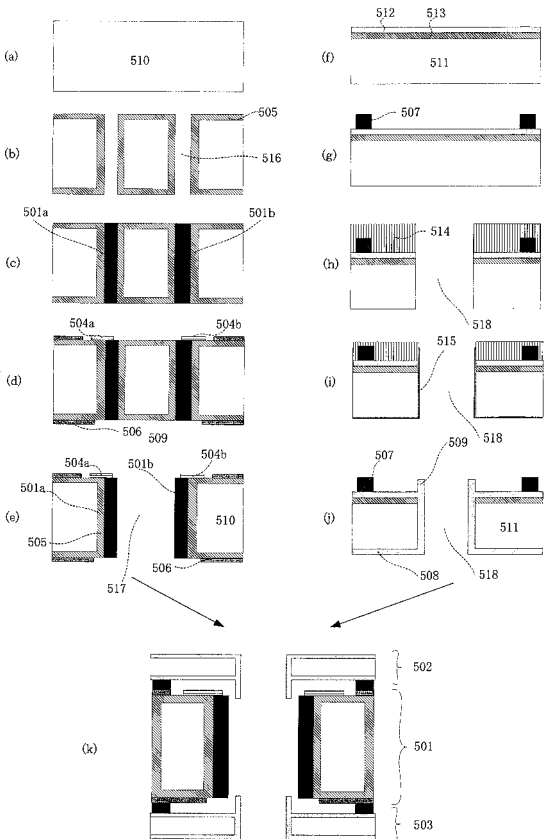
【図5】



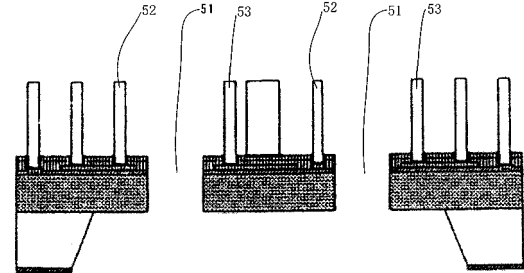
【図6】



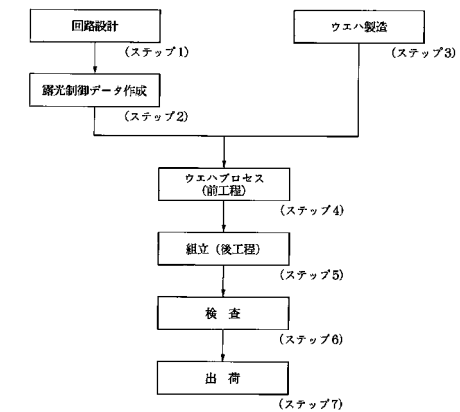
【図7】



【図8】

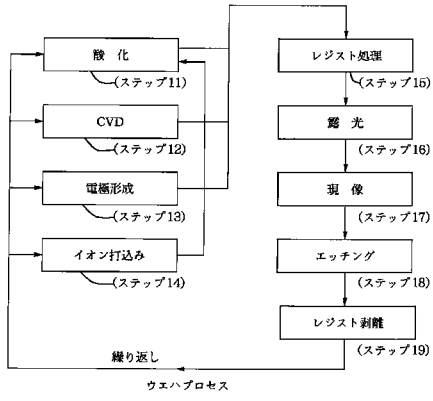


【図9】



半導体デバイス製造フロー

【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 寺崎 敦則

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 中山 義則

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 2H097 CA06 CA16 LA10

5C033 GG02

5C034 BB04

5F056 AA33 CB05 CB11 CB40 EA06