

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3565652号
(P3565652)

(45) 発行日 平成16年9月15日(2004.9.15)

(24) 登録日 平成16年6月18日(2004.6.18)

(51) Int. Cl.⁷

F I

H O 1 L 21/027

H O 1 L 21/30 5 4 1 S

H O 1 J 37/305

H O 1 J 37/305 A

請求項の数 6 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願平8-105137	(73) 特許権者	000005223 富士通株式会社
(22) 出願日	平成8年4月25日(1996.4.25)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(65) 公開番号	特開平9-293654	(74) 代理人	100094525 弁理士 土井 健二
(43) 公開日	平成9年11月11日(1997.11.11)	(74) 代理人	100094514 弁理士 林 恒徳
審査請求日	平成14年8月29日(2002.8.29)	(72) 発明者	丸山 繁 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	安田 洋 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子ビーム露光装置用透過マスク及びそれを利用した露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

マトリクス状に配置された複数のアパーチャと、一方の表面上に各アパーチャ毎に設けられた一対の偏向電極を少なくとも有する透過マスク基板と、前記透過マスク基板に設けられたアパーチャに対応する位置に形成されたアパーチャと、一方の面上に形成され前記透過マスク基板より荷電粒子ビームに対する反射率が大きい物質のビーム遮断層とを有するビーム遮断基板とを有し、前記ビーム遮断基板の他方の面が前記透過マスク基板に張り付けられていることを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置用の透過マスク。

【請求項2】

請求項1記載の荷電粒子ビーム露光装置用の透過マスクにおいて、前記ビーム遮断基板の他方の面が、前記透過マスク基板の他方の面に張り付けられていることを特徴とする。

【請求項3】

請求項1又は2記載の荷電粒子ビーム露光装置用の透過マスクにおいて、前記ビーム遮断層が少なくとも金、タンタル、タングステンを含む重金属材料のうちの一つの材料を含む重金属であることを特徴とする。

【請求項4】

請求項3記載の荷電粒子ビーム露光装置用の透過マスクにおいて、前記偏向電極が少なくとも金、タンタル、タングステンを含む重金属材料のうちの一つの

10

20

材料を含む重金属であることを特徴とする。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の荷電粒子ビーム露光装置用の透過マスクにおいて、前記透過マスクに形成された一对の偏向電極の一方の電極が、接地電極であり、前記ビーム遮断層が、当該接地電極に電氣的に接続されていることを特徴とする。

【請求項 6】

所望の形状に成形された荷電粒子ビームを試料の所望の位置に照射して露光する荷電粒子ビーム露光装置において、
 該荷電粒子ビームを発生するビーム発生手段と、
 該荷電粒子ビームを偏向するビーム偏向手段と、
 該ビーム偏向手段のビーム下流側に設けられ前記試料を搭載する試料ステージと、
 前記ビーム発生手段とビーム偏向手段との間に装着される透過マスクとを有し

10

、
 該透過マスクは、マトリクス状に配置された複数のアパーチャと、一方の表面上に各アパーチャ毎に設けられた一对の偏向電極を少なくとも有する透過マスク基板と、前記透過マスク基板に設けられたアパーチャに対応する位置に形成されたアパーチャと、一方の面上に形成され少なくとも金、タンタル、タングステンを含む重金属材料のうちの一つの材料を含む重金属層とを有するビーム遮断基板とを有し、前記ビーム遮断基板の他方の面が前記透過マスク基板に張り付けられていて、
 当該透過マスクが該重金属層が形成された面を前記ビーム発生手段に向けられて装着されることを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置。

20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、荷電粒子ビーム露光装置に使用される透過マスクをビームエネルギーに対する耐久性を向上させた構造に関する。

【0002】

【従来の技術】

電子ビームやイオンビーム等の荷電粒子ビーム露光方法は、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以下の微細加工を $0.02\ \mu\text{m}$ 以下の位置合わせ精度で実現できることから、高集積度の半導体装置の製造等への適用が期待されている。しかしながら、微細パターンを高い集積度で形成するためには、それだけ膨大なパターンの数を露光する必要があり、荷電粒子ビーム露光方法はその露光のスループットを上げることが必要である。

30

【0003】

そのスループット向上の一つの手段として、繰り返しパターンが比較的多く設けられるメモリデバイス等に対しては、繰り返しパターンの透過孔を複数個設けたブロックマスクを使用するブロック露光方法が提案されている。しかし、ロジック回路等ランダムなパターンが比較的多いデバイスについては、適用することが難しい。ランダムなパターンに対してのスループットを上げる方法として、複数本の荷電粒子ビームを同時に照射することができるブランキング・アパーチャー・アレイ(BAA)方式の露光方法が提案されている。

40

【0004】

このブランキング・アパーチャー・アレイ方式(以下BAA方式と略称する。)では、透過マスクとして、画素(ピクセル)単位に透過孔とその透過孔近傍に設けた一对の偏向電極を設け、その画素をマトリクス状に配置したものが使用される。

【0005】

図Aは、そのBAA方式の透過マスクの概略的断面構造である。シリコン基板10の表面にボロン不純物領域11、シリコン酸化膜12、配線及び電極13、シリコン酸化膜14、15が設けられ、例えば $30\ \mu\text{m}$ 程度の分厚いメッキ層からなる電極16、17、18、19が設けられている。そして、シリコン基板10に設けたマトリクス状のアパーチャ

50

20の近傍にグランド電極19と偏向電極18が対向して設けられている。シリコン基板10は、最終的にその中央部分がエッチングで除去され、周辺だけ残したメンブレン構造となっている。

【0006】

グランド電極19はボロン不純物領域11及び配線13を介してグランド電極パッド16に接続され、基板と共に接地されている。また、偏向電極18も配線13を介してそれぞれの制御電圧が印加される電極パッド17に接続される。

【0007】

このようなBAA方式の透過マスクは、露光装置内に装着され、図Aの上側から荷電粒子ビームが照射される。照射される荷電粒子ビームに対して、それぞれのアパーチャ20の両側のグランド電極と偏向電極との間に偏向電圧V1, V2を印加し、例えば図Aに示される通りそれぞれのアパーチャ20を通過するビームの偏向方向を制御する。その結果、選択された画素に対応する複数のビームで形成されるパターンが試料表面に照射される。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

このようなBAA方式の透過マスクは、例えば512個のアパーチャ20がマトリクス状に設けられ、それぞれの偏向電極に偏向電圧を印加することで、任意のパターンを複数の画素ビームで形成することができる。従って、ランダムなパターンを含む場合であっても、露光工程のスループットを上げることができる。

【0009】

しかしながら、このBAAマスクは、10~20 μ m程度の薄いシリコン基板であり耐久性に欠ける面がある。更に、露光パターンの解像度を上げる為には荷電粒子ビームの加速電圧を上げる必要がある。これは、露光されるレジスト層に対してより直線的にビームを照射することができレジストの断面形状が改善できるからである。しかし、荷電粒子ビームの加速電圧を上げるとシリコン基板に照射されるビームのエネルギーが高くなり、熱の発生によりシリコン基板が溶けてしまい実用レベルの耐久性が得られなくなる。

【0010】

そこで、本発明の目的は、高速に加速された荷電粒子ビームを照射されても耐えることができる構造の透過マスクを提供することにある。

【0011】

また、本発明の目的は、高速に加速された荷電粒子ビームを使用しても、透過マスクが十分な耐久性を有する荷電粒子ビーム露光装置を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記の目的は、本発明によれば、マトリクス状に配置された複数のアパーチャと、一方の表面上に各アパーチャ毎に設けられた一対の偏向電極を少なくとも有する透過マスク基板と、

前記透過マスク基板に設けられたアパーチャに対応する位置に形成されたアパーチャと、一方の面上に形成され前記透過マスク基板より荷電粒子ビームに対する反射率が大きい物質のビーム遮断層とを有するビーム遮断基板とを有し、

前記ビーム遮断基板の他方の面が前記透過マスク基板に張り付けられていることを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置用の透過マスクを提供することにより達成される。

【0015】

このビーム遮断層は前述の通り、重金属層であることが望ましく、また何らかの手段で接地電極に接続されることが望ましい。

【0016】

上記の目的は、更に本発明によれば、所望の形状に成形された荷電粒子ビームを試料の所望の位置に照射して露光する荷電粒子ビーム露光装置において、
該荷電粒子ビームを発生するビーム発生手段と、
該荷電粒子ビームを偏向するビーム偏向手段と、

10

20

30

40

50

該ビーム偏向手段のビーム下流側に設けられ前記試料を搭載する試料ステージと、
前記ビーム発生手段とビーム偏向手段との間に装着される透過マスクとを有し

該透過マスクは、マトリクス状に配置された複数のアパーチャと、一方の表面上に各アパーチャ毎に設けられた一对の偏向電極を少なくとも有する透過マスク基板と、前記透過マスク基板に設けられたアパーチャに対応する位置に形成されたアパーチャと、一方の面上に形成され少なくとも金、タンタル、タングステンを含む重金属材料のうちの一つの材料を含む重金属層とを有するビーム遮断基板とを有し、前記ビーム遮断基板の他方の面が前記透過マスク基板に張り付けられていて、

当該透過マスクが該重金属層が形成された面を前記ビーム発生手段に向けられて装着されることを特徴とする荷電粒子ビーム露光装置を提供することにより達成される。

10

【0018】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面に従って説明する。しかしながら、本発明の技術的範囲がその実施の形態に限定されるものではない。

【0019】

本発明によれば、第一に、BAA方式の透過マスクの一方の面には、グランド電極と偏向電極が密集して形成されるので、そのような電極を金、タングステン、タンタル等の重金属で形成し、荷電粒子ビームが照射される方向に電極が形成されている面を対向させることで、従来の如き高速ビームにより熱の問題を解決することができる。重金属の場合は、シリコン等に比較して荷電粒子ビームに対する反射率が高いので、ビームエネルギーの吸収による温度上昇を防止することができる。また、特に金は、シリコンに比べて熱伝導率も高いので、放熱効果が上がり温度上昇を防止することができる。

20

【0020】

本発明の第二の考えは、電極が形成される面と反対側のシリコン基板の表面側に、重金属層を形成する構造である。そして、従来通り電極が形成された面をビームの下流側に向けて露光装置内に装着する。上記と同様に、重金属層がビームを反射し、且つ熱伝導率も高いので、温度上昇を防止することができる。但し、この場合は、ブランピング制御用の偏向電極の近傍に重金属層の導電体が位置するので、その重金属層を何らかの手段でグランドに接続して、電界に影響を与えない様にしておく必要がある。

30

【0021】

更に本発明の第三の考えは、従来のBAA方式の透過マスクに、シリコン基板に重金属層を形成した保護基板を張り付けた構造である。この場合の保護基板は、透過マスクのピクセル及び電極パッド部分に開孔を設ける必要があり、また重金属層を接地しておく必要がある。

【0022】

図1は、BAA方式の透過マスクの全体を示す平面図である。シリコン基板10からなるメンブレン構造の周辺には、アパーチャの数に対応した数の偏向電極用パッド17のレイが形成される。また、メンブレンの4隅にはグランド電極に接続されるグランド電極パッド16が形成される。また、メンブレンの中央部には、例えば512個のアパーチャがマトリクス状に形成されたアパーチャ領域21が設けられる。

40

【0023】

図2は、そのアパーチャ領域21の一部拡大平面図である。図2に示される通り、画素単位のアパーチャ20がマトリクス状に配置され、そのアパーチャ20それぞれに対して、3辺を囲む形状のグランド電極19と、それに対向する偏向電極18が設けられる。グランド電極19は、全てのアパーチャ20に共通に設けることができるので、図2に示される通り櫛歯状の形状に形成される。そして、配線層13により図1に示したグランド電極パッドに接続される。また、偏向電極18は、それぞれ電氣的に分離された配線層(図示せず)を介して、図1に示した偏向電極パッド17のそれぞれに接続される。

【0024】

50

これらのグラウンド電極 19 と偏向電極 18 は、走行する荷電粒子ビームを十分に偏向するために必要な厚みを持って形成される。具体的には、グラウンド電極 19 と偏向電極 18 の対向面の面積がビームの偏向に必要な電界を与えるに十分になるよう各電極のディメンジョンが決定される。

【0025】

図3乃至図10は、本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。以下、図面に従って説明する。

【0026】

図3に示される通り、裏面側に5000程度程度の熱酸化膜21が形成されたN型のシリコン基板10の表面に、ポリ・ボロン・フィルムを塗布し、焼成することによりボロンを拡散し、15 μ m程度の深いボロン拡散層11を形成する。このボロン拡散層11は、後にシリコン基板10を裏面側からエッチングしてメンブレン構造にする時のエッチングストップの役目を果たす。従って、 10^{20} / cm^3 程度以上のボロン濃度が必要である。

10

【0027】

次に、図4に示される通り、熱酸化膜12を例えば8500程度厚く形成する。この酸化膜は、後に形成される電極と基板との間のクロストークを出来るだけ少なくするために、出来るだけ厚く形成される。そして、シリコン基板10の背面側の酸化膜21をリアクティブ・イオン・エッチング法(RIE法)により除去し、メンブレン形成の為に窓明けを行なう。また、シリコン基板10の表面側の酸化膜12に対しても、接地電極用の窓明けを行なう。これにより、ボロン拡散層は後で接地される。

20

【0028】

次に、図5に示される通り配線層13を形成する。配線層13の構造は、タンタル・モリブデン(TaMo)層と金属層とタンタル・モリブデン層を例えば300 / 4500 / 300の厚さにしたものである。成膜方法は真空蒸着法であり、その後イオンミリング法により所定のパターンにエッチングされる。タンタル・モリブデン層を設けるのは、密着性を良くするためである。

【0029】

次に、図6に示される通り、表面側にプラズマCVD法による酸化膜14を例えば15000程度形成し、アパーチャ20に対応する部分の酸化膜14をRIE法により除去する。この酸化膜14を除去した後、更に、その下のボロン拡散層11のシリコン基板を、 Cl_2 ガスによりRIE法でエッチングする。このエッチングでは、シリコン酸化膜14に対する選択比がさほど高くないので、表面のシリコン酸化膜14もある程度エッチングされる。

30

【0030】

次に、図7に示される通り、上記のエッチングされたシリコン酸化膜14に追加して、プラズマCVD法により酸化膜15を追加し、合計10000程度の膜厚にしておく。そして、メッキ用の電極窓22を、所定のレジストパターンをマスクにしてシリコン酸化膜14, 15をRIE法により形成する。この電極窓22は、後の偏向電極、接地電極及びそれらの電極パッドが形成される領域に形成される。

【0031】

次に、図8に示される通り、メッキ下地層23として、真空蒸着法により金/タンタル・モリブデン(TaMo合金)を例えば500 / 2000程度形成する。この結果、略全面にメッキ下地層23は形成される。そして、メッキ液として例えばニュートロネクス309(EEJA社製品名)に浸しながら配線層13に電流を流しながら、電極窓22部分にのみ厚い金メッキ電極24を形成する。このメッキ電極24の厚みは、十分ビームを偏向することができるように、例えば30 μ m程度になる。

40

【0032】

次に、図9に示される通り、酸化膜21をマスクにしてシリコン基板10を背面から異方性エッチングにより除去し、メンブレン化する。このエッチングは、例えば、エチレンジアミン、ピロカテコール、水の混合液に浸すことで行なわれる。この時、アパーチャ20

50

の底に形成されていたエッチング下地層も同時に除去される。また、更に、表面側に残っていたエッチング下地層は、R I E法により除去される。金属層は、例えばA rガスにより、またタンタル・モリブデン層はC F₄ とO₂ の混合ガスによるR I E法でそれぞれ除去される。上記した本発明の第一の態様では、この状態の透過マスクが、ビームの上流側に金メッキ電極を向けて装着される。

【0033】

本発明の第二の態様の場合には、更に、図10に示される通り、メンブレン化したシリコン基板10, 11の表面全面に重金属層25が1μm程度厚く形成される。この重金属層25は、タングステン(W)、タンタル(Ta)、金(Au)等であり、スパッタリング法または蒸着法により形成される。この重金属層25は、シリコンに比べて荷電粒子ビームの反射率が高いので、ビームの上流側に重金属層25が対向する様に、透過マスクが露光装置内の鏡筒内に装着される。更に、重金属層25は、ボロン拡散層11に直接接続されるので、ボロン拡散層11と共に接地される。

10

【0034】

次に、本発明の第三の態様について説明する。

【0035】

図11に示される通り、上記の図3乃至図9に従って形成された透過マスク基板100に加えて、表面が金等の重金属層30が形成された第二の基板200を準備する。この第二の基板200は、図3乃至図9で説明した製造工程と略同じ方法により形成される。但し、配線層13や金メッキ電極24等は形成されないで、それに関するプロセスは省略される。しかしながら、シリコン基板10の表面にボロン拡散層11、酸化膜12等が形成され、酸化膜12側からエッチングによりアパーチャ32, 33が形成され、最後にシリコン基板10側からエッチング液に浸すことで異方性エッチングを施し、貫通するアパーチャが形成される。金等の重金属層30は、スパッタリングまたは蒸着法により例えば1μm程度厚く形成される。

20

【0036】

但し、重金属層30は、接地しておく必要がある。接地の方法は種々考えられるが、一つの方法は、透過マスクを露光装置に装着した時にプローブで接地する方法である。また、別の方法としては、張り合わせる透過マスク基板100側の接地電極と接続することである。そこで、図11の例では、第二の基板200の表面と裏面側にスルーホール30H, 30I、N型シリコン基板を介して透過マスク基板100側のボロン拡散層11に接続するようにしている。

30

【0037】

このアパーチャ32は、透過マスク基板100側の画素単位のアパーチャ20に対応して設けられ、アパーチャ33は、電極パッド16に対応して設けられる。そして、図11に示される通り、第二の基板200を透過マスク基板100に張り合わせる。

【0038】

図12は、その張り合わせた結果形成された透過マスクの断面図である。図12の例では、透過マスク基板100の電極形成面側に第二の遮断用の基板200を張り合わせているが、反対側の面に張り合わせてもよい。そして、この張り合わせた透過マスクが、ビーム上流側に第二の遮断用基板200が対向するように露光装置内の鏡筒内に装着される。

40

【0039】

図13は、第三の態様の変形例である。この例では、重金属層35を形成したビーム遮断用の第二の基板200を、透過マスク基板100の電極18, 19が形成された面とは反対側の面に張り付けたものである。こうすることにより、透過マスク基板100の電極18, 19が形成されている面は、重金属の電極によりビームが遮断され、その反対側も第二の基板200により同様に重金属層35によりビームが遮断される。

【0040】

露光装置の鏡筒内では、電子銃から発生されるビームが照射されると共に、鏡筒内での反射電子や二次電子がビームの進行方向とは関係なくランダムな方向に発生するので、B A

50

A方式の透過マスクの両面を重金属層で保護することは、耐久性向上に有効である。尚、図13の例では、第二の基板200表面の重金属層35は、プローブにより接地されている。

【0041】

図14は、上記したBAA方式の透過マスクが露光装置内に装着された状態を説明するための鏡筒部分50の概略図である。鏡筒50の上部に電子銃51が設けられ、60が光学系の光軸に該当し、その近傍を電子ビームが走行する。レンズL1, L2の間には、図示しない矩形のアパーチャが設けられ、ビームを矩形に成形する。そのようにして成形されたビームは、BAA方式の透過マスク52に照射される。この透過マスク52には、前述した通り偏向電極の数に対応する電極パッドが設けられ、プローブ58により接続され、制御される。その結果、透過マスク52を通過したビームは、複数の画素単位のビームの束となり所望の露光パターンに成形される。

10

【0042】

そして、レンズL3を経由して、絞りに該当するラウンドアパーチャ53、レンズL4を通過し、投影レンズL5の内側に設けられた主偏向器54と副偏向器55により、ステージ57上のウエハー56の所望の位置にビームが照射される。

【0043】

前述した、本発明の第一の態様では、図14に示した鏡筒内において、重金属である金で形成したランド及び偏向電極を形成したBAA方式の透過マスクが、その電極形成面上にして装着される。その結果、電子銃51から照射される電子ビームは、密集して形成された重金属の電極により遮断され、マスク基板の温度上昇が防止される。

20

【0044】

【発明の効果】

以上説明した通り、本発明によれば、BAA方式の透過マスク基板に、既に形成される電極を金等の重金属層で形成して、その電極形成面をビームが照射される方向に装着することで、透過マスク基板がビームのエネルギーにより温度が上昇することを防止することができる。

【0045】

また、BAA透過マスクの電極形成面とは反対側の面に、金等の重金属層を形成することにより、シリコン基板の両面に重金属層が形成されることになり、荷電粒子ビームのエネルギーにより温度が上昇することを防止することができる。

30

【0046】

更に、BAA透過マスクと同等のプロセスにより、複数のアパーチャを設けた第二の基板の表面に金等の重金属層を設け、その第二の基板をBAA方式の透過マスクに張り付けることで、透過マスクを荷電粒子ビームから保護することができる。

【0047】

何れの場合でも、荷電粒子ビームの照射により温度上昇を防止することができ、透過マスクとしての耐久性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】BAA方式の透過マスクの全体を示す平面図である。

40

【図2】アパーチャ領域21の一部拡大平面図である。

【図3】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図4】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図5】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図6】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図7】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図8】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図9】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図10】本発明にかかるBAA方式の透過マスクの製造工程を示す断面図である。

【図11】本発明の第三の実施の形態の製造工程を示す断面図である。

50

【図12】本発明の第三の実施の形態の透過マスク構造を示す断面図である。

【図13】本発明の第三の実施の形態の透過マスク構造の変形例を示す断面図である。

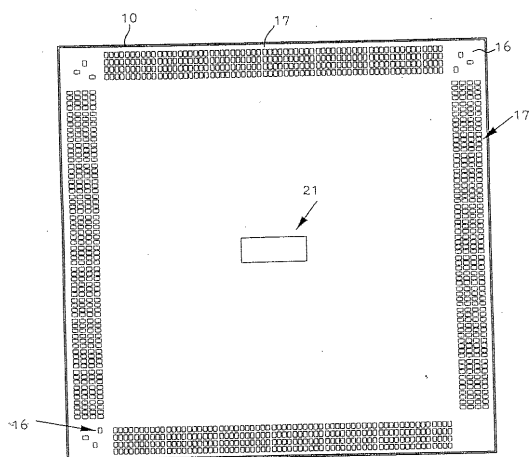
【図14】BAA方式の透過マスクが露光装置内に装着された状態を説明するための鏡筒部分50の概略図である。

【図15】従来例の透過マスクの断面図である。

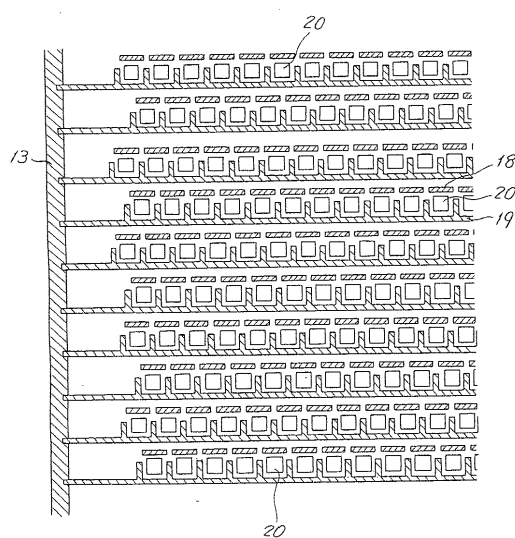
【符号の説明】

- 100 透過マスク基板
- 200 ビーム遮断基板
- 10 透過マスク基板
- 16 電極パッド
- 18, 19 偏向電極
- 20 アパーチャ
- 25, 30 ビーム遮断層
- 32 アパーチャ
- 50 鏡筒
- 51 ビーム発生手段
- 54, 55 ビーム偏向器

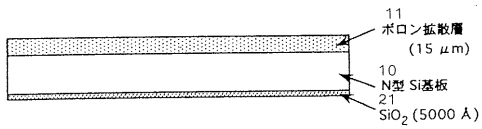
【図1】



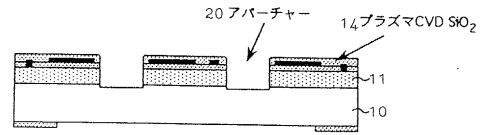
【図2】



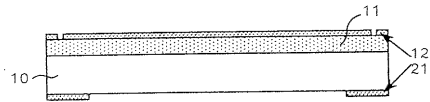
【図3】



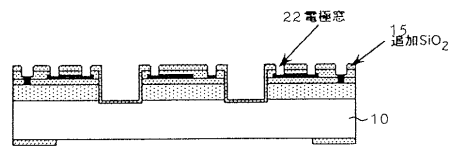
【図6】



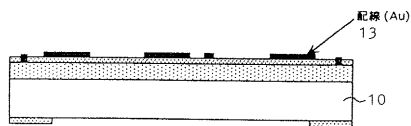
【図4】



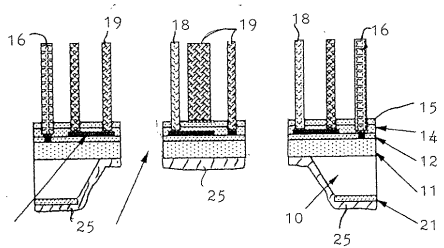
【図7】



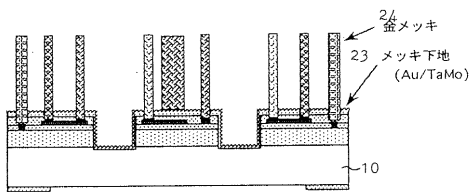
【図5】



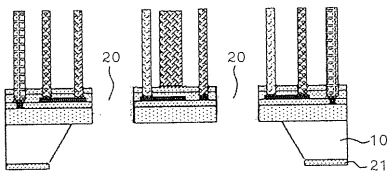
【図10】



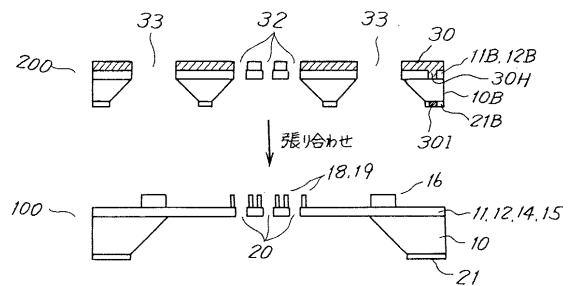
【図8】



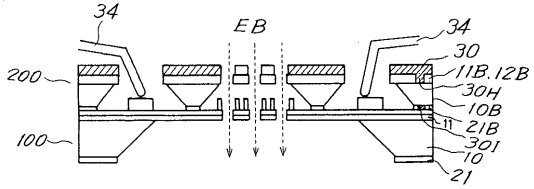
【図9】



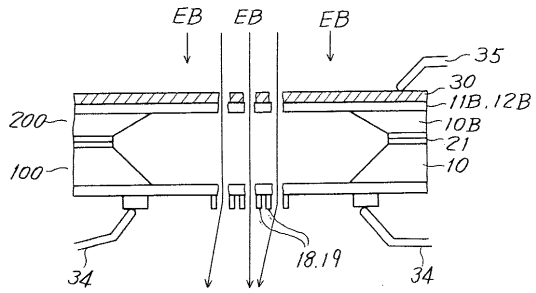
【図11】



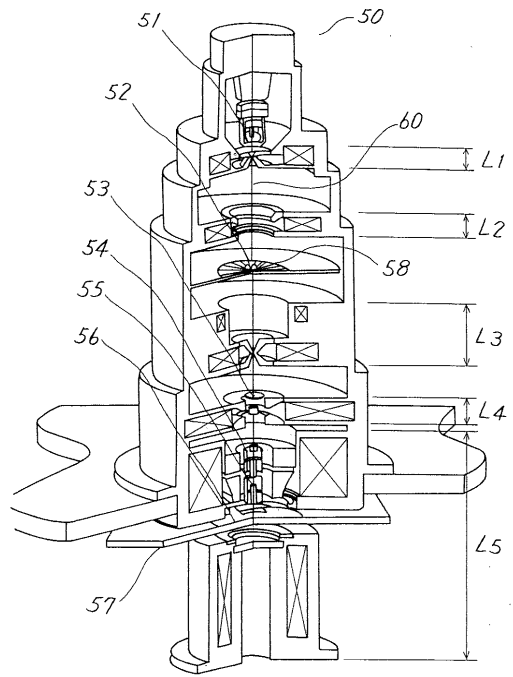
【図12】



【図13】

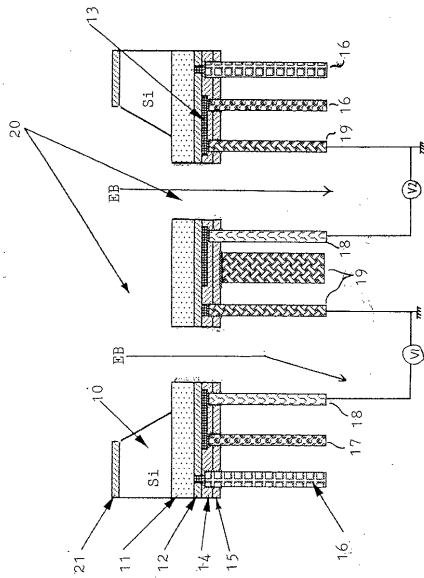


【図14】



【図15】

従来例



フロントページの続き

(72)発明者 大饗 義久

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

審査官 佐藤 秀樹

(56)参考文献 特開平07-078748(JP,A)

特開平06-244091(JP,A)

特開平02-037655(JP,A)

特開平07-297095(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

H01L 21/027