

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5422131号
(P5422131)

(45) 発行日 平成26年2月19日(2014.2.19)

(24) 登録日 平成25年11月29日(2013.11.29)

(51) Int. Cl. F I
 HO 1 J 37/147 (2006.01) HO 1 J 37/147 C
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 4 1 W
 HO 1 J 37/305 (2006.01) HO 1 J 37/305 B

請求項の数 26 外国語出願 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2008-46062(P2008-46062)
 (22) 出願日 平成20年2月27日(2008.2.27)
 (65) 公開番号 特開2008-235266(P2008-235266A)
 (43) 公開日 平成20年10月2日(2008.10.2)
 審査請求日 平成22年12月24日(2010.12.24)
 (31) 優先権主張番号 A311/2007
 (32) 優先日 平成19年2月28日(2007.2.28)
 (33) 優先権主張国 オーストリア(AT)

(73) 特許権者 507351160
 アイエムエス ナノファブリケーション
 アーゲー
 オーストリア国 1020 ウィーン シ
 ユレイガッセ 3
 (73) 特許権者 508061033
 インスティテュート フューア ミクロエ
 レクトロニック シュトゥットガルト
 ドイツ国 70569 シュトゥットガル
 ト アルマントリング 30アー
 (74) 代理人 100083806
 弁理士 三好 秀和
 (74) 代理人 100095500
 弁理士 伊藤 正和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクレス粒子ビーム処理のための多重ビーム偏向器アレーデバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子のビーム(1b)を使用する粒子ビーム露光装置に用いられ、薄膜領域を有する全体的にプレート形状の多重ビーム偏向器アレーデバイス(502、311、321、331、700、130)であって、前記薄膜領域が、

入射する前記荷電粒子のビーム(1b)に面する第1の面(504)、前記第1の面(504)の反対側の第2の面(503)と、

それぞれが前記荷電粒子のビームから形成された対応するビーム要素を通過させるアレー状の開口部と、

それぞれが前記薄膜領域のいずれか一つの面に形成され、少なくとも一つの前記開口部に付随された複数の窪み部(512)と、

アレー状の電極(511)とを備え、

前記開口部のそれぞれが少なくとも前記電極の一つに付随され、前記電極のそれぞれが前記窪み部の一つに配置され、前記電極は、前記開口部を通過する前記荷電粒子が所望の経路に沿って進むことができる無偏向状態、前記荷電粒子が所望の経路から偏向される偏向状態を実現することを特徴とする多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項2】

前記窪み部が、前記第1の面(504)に形成されることを特徴とする請求項1に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項3】

10

20

前記窪み部が、前記第2の面(503)に形成されることを特徴とする請求項1に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項4】

前記第1の面に、複数のレトログレードステンシル開口部を有するビーム成形層(330)が設けられ、前記複数のステンシル開口部(333)のそれぞれが、後続の開口部の位置に一致し、対応する前記後続の開口部の内側の幅より小さな内側の幅を有することを特徴とする請求項3に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項5】

前記薄膜領域が、半導体基板材料(505、507)、又はシリコンからなることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

10

【請求項6】

前記電極(511)及び前記電極(511)を制御する回路を含む層(508)の間に埋め込み絶縁層(506)を更に備えることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項7】

前記埋め込み絶縁層(506)が、前記薄膜領域全体に渡り延在することを特徴とする請求項6に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項8】

前記薄膜領域が、半導体基板材料を備え、前記多重ビーム偏向器アレーデバイスが、電極(511)及び前記電極(511)を制御する回路を含むシリコン酸化物の層(508)の間に埋め込み絶縁層(506)を有することを特徴とする請求項6又は7に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

20

【請求項9】

前記電極(511)が、前記薄膜領域の基板材料と同じ材料で形成されることを特徴とする請求項1～8のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項10】

前記電極(511)が、金属材料で被覆されることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項11】

前記電極(511)が、前記窪み部(512)が形成された前記薄膜領域の前記面(503、504)の表面レベルから突き出ていないことを特徴とする請求項1～10のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

30

【請求項12】

前記偏向電極(511)が、前記窪み部(512)が形成された前記薄膜領域の前記面(503、504)の反対側の前記薄膜領域の前記面(503、504)から接触されることを特徴とする請求項1～11のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項13】

前記窪み部(512)が、前記薄膜領域の前記第1の面(504)及び前記第2の面(503)の間の距離より小さな直径を有することを特徴とする請求項1～12のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

40

【請求項14】

前記基板材料(505)が、前記偏向電極(511)に対する接地電極として作用するように設定されていることを特徴とする請求項1～13のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項15】

少なくとも一つの偏向電極(415)を持つ前記開口部のそれぞれが、前記開口部を囲む前記窪み部(413)に配置される少なくとも一つの接地電極(414)に付随されていることを特徴とする請求項1～14のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

50

【請求項 16】

前記接地電極(414)及び前記偏向電極(415)が、前記窪み部が形成された前記薄膜領域の前記面の表面レベルから突き出していないことを特徴とする請求項15に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイス。

【請求項 17】

バルク材料層(601)、裏面(BS)の反対側の上面(TS)のシリコン層(603)により覆われた埋め込み絶縁物層(602)を有するシリコンオン絶縁膜(SOI)ウェハブランク(600)から、投影型リソグラフィシステム、即ち粒子ビーム露光装置に用いられる多重ビーム偏向器アレーデバイスを製造する方法であって、

(a)前記SOIウェハブランク(600)の上面(TS)に、前記シリコン層(603)及び埋め込み絶縁物層(602)を介して前記バルク材料層(601)に達するリセス(604、605)を加工するステップと、

(b)前記SOIウェハブランク(600)の上面(TS)上の前記シリコン層(603)上にCMOS層(606)を形成するステップと、

(c)前記SOIウェハブランク(600)の上面(TS)に保護絶縁層(608)を堆積するステップと、

(d)リソグラフィ法の使用により前記SOIウェハブランク(600)の裏面(BS)を加工し、以前に上面(TS)に加工された対応するリセス(604、605)を介して延在する開口部(614)と共に電極(612)を形成するステップ

とを含むことを特徴とする多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項 18】

前記ステップ(b)の後で、前記上面(TS)に、前記SOIウェハブランク(600)の上面(TS)を覆う絶縁層が堆積されることを特徴とする請求項17に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項 19】

前記ステップ(c)の前に、前記ステップ(a)で形成された前記上面(TS)の選択されたリセス(605)に金属ピアコンタクト(607)が設けられることを特徴とする請求項18に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項 20】

前記ステップ(d)の前に、前記SOIウェハブランク(600)の前記裏面(BS)が、前記薄膜領域において薄膜化されることを特徴とする請求項17~19のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項 21】

前記ステップ(d)の後で、前記上面(TS)の前記構造に保護金属層(611)が堆積されることを特徴とする請求項17~20のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項 22】

前記ステップ(d)で、前記埋め込み絶縁物層(602)が、前記リソグラフィ法の使用中にアンダーカット(610)されることを特徴とする請求項17~21のいずれか1項に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項 23】

バルク材料層(651)、裏面(BS')の反対側の上面(TS')のシリコン層(653)により覆われた埋め込み絶縁物層(652)を有するシリコンオン絶縁膜(SOI)ウェハブランク(650)から、投影型リソグラフィシステム、即ち粒子ビーム露光装置に用いられる多重ビーム偏向器アレーデバイスを製造する方法であって、

(a)前記SOIウェハブランク(650)の前記上面(TS')に、前記シリコン層(653)を介して少なくとも埋め込み絶縁物層(652)に達し、前記シリコン層(653)のそれぞれの部分(655)を少なくとも部分的に囲むリセス(656)を加工するステップと、

(b)前記リセス(656)を支持材料で少なくとも部分的に充填するステップと、

(c) 前記上面 (TS') に、前記シリコン層 (653) を介して少なくとも埋め込み絶縁物層 (652) に達し、前記支持材料で充填された領域を含みリセスが前記シリコン層 (653) の前記それぞれの部分 (655) を囲み、前記部分 (655) が残りの前記シリコン層 (653) から電氣的に絶縁されるような形状に、それぞれ形成されたりセス (657) を再加工するステップと、

(d) 前記部分 (655) に対して、前記残りのシリコン層 (653) に対して電氣的に絶縁された電氣的コンタクト手段を提供するステップと、

(e) 前記SOIウェハブランク (600) の裏面 (BS') を加工し、以前に上面 (TS') に加工された対応するリセス (657) を介して延在する開口部 (140) を形成するステップ

10

とを含むことを特徴とする多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項24】

前記ステップ (d) で、前記上面 (TS') に、絶縁層 (141) が、少なくとも前記部分 (655) の位置の近傍で、コンタクトパッド (133) を実現する前記電氣的コンタクト手段が形成された特定の区域に形成されることを特徴とする請求項23に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【請求項25】

前記ステップ (e) で、前記裏面 (BS') が、前記薄膜領域で薄膜化されることを特徴とする請求項23又は24に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

20

【請求項26】

前記裏面 (BS') が、薄膜化され、前記埋め込み絶縁物層 (652) を除去することを特徴とする請求項25に記載の多重ビーム偏向器アレーデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高エネルギーに充電された粒子の多数のビームにより、基板の表面にパターンを形成するマスクレス粒子ビーム露光装置用の多重ビーム偏向器アレーデバイスに関する。更に詳細には、本発明は、マスクレス粒子ビーム露光装置で用いるパターン規定手段の一部としての多重ビーム偏向器アレーデバイスに関する。

【0002】

30

更に、本発明は、前述の多重ビーム偏向器アレーデバイスを製造する方法に関する。

【背景技術】

【0003】

粒子ビーム露光装置において、粒子ビームは、照明システムで生成され、ターゲット表面に投影されるビームパターンを規定する開口部のアレーを有するパターン規定手段を照射する。この種類の粒子ビーム露光装置の重要な応用の一つは、直接イオンビーム材料改質、あるいは電子又はイオンビーム誘起エッチング及びノ又は堆積により、ナノスケールデバイスの製作又は機能化に用いられるナノスケールパターンニングの分野においてである。他の重要な応用は、半導体技術に用いられるマスクレス粒子ビームリソグラフィの分野においてである。即ち、基板表面に所望のパターンを規定するために、放射線感光レジストの層で覆われた基板、例えば、シリコンウェハを処理するリソグラフィ装置に用いられる。所望の構造がフォトリソグラフィ上に露光され、ポジ型レジストの場合、先の露光ステップで規定されたパターンに従って部分的に除去することにより現像される。現像されたレジストは、反応性エッチングのような更なる構造化処理用のマスクとして用いられる。

40

【0004】

粒子ビーム露光装置が、米国特許5369282号明細書に記載されている。アライ等はそこで、パターン規定手段の役割を担う、いわゆるブランキング開口部アレー (BAA) を用いる電子ビーム露出システムを記述している。BAAは多数の開口部列を持ち、開口部のイメージが、開口部の列に垂直な方向の制御された連続運動で基板の表面上で走査される。開口部列は、開口部が走査方向に沿って見て千鳥状のラインを形成するように飛

50

び越し走査により相互に並べられる。このように、千鳥状ラインは、それらが基板に対して移動すると、それらの間で空隙を残さずに基板表面上に連続するラインを掃引させ、露出すべき基板の全域がカバーされる。

【 0 0 0 5 】

出願者 / 譲受人による米国特許 6 7 6 8 1 2 5 号明細書には、P M L 2 (「 投影マスクレスリソグラフィ # 2 」 の略語) と呼ばれる、多重ビームマスクレスリソグラフィの概念を提示している。P M L 2 は、他方の上部に積載した多数のプレートを具備するパターン規定デバイスと、それらの中で、開口部アレーデバイス (開口プレート) と、偏向器アレーデバイス (ブランキングプレート) とを採用している。これらの別個のプレートは、定められた距離で、例えば、ケーシングに互いに組み込まれている。

10

【 0 0 0 6 】

開口プレートは、ターゲット表面に投影される、ビームレットから成るビームパターンを規定する開口部のアレーを具備する。対応するブランキングプレート上のブランキング開口部は、前述の開口部に関連している。前述のブランキング開口部は、ビームレットの各々が、ビームレットを規定する開口部にそれぞれ対応するブランキング開口部を横断するように位置している。各ブランキング開口部は、二つの偏向状態、即ち、偏向手段が開口部を通過する粒子が所望の経路に沿って移行することができる状態を想定した時の第 1 の状態 (「 スイッチオン 」) と、偏向手段が前述の経路から開口部を介して送られる粒子を偏向している第 2 の状態 (「 スイッチオフ 」) との間でブランキング信号によって制御できる偏向手段を提供する。

20

【 0 0 0 7 】

偏向手段は、一組のビーム・ブランキング電極、基本的には一対で具備している。出願者 / 譲受人の米国特許出願 2 0 0 5 / 0 2 4 2 3 0 2 A 1 明細書は、最新の電気メッキ技術を用いる垂直成長により、ブランキング開口部の周囲に電極を形成することを提案している。この文献は、ブランキングプレートを越える実質的な高さを有するように、接地電極と呼ばれる一方の電極と、ブランキング電極と呼ばれる他方の電極とを形成することを提案している。これは、混信や他の不要な効果に対してブランキング開口部の優れた遮蔽作用を提供するために行われる。

【 0 0 0 8 】

従来技術に記したように、パターン規定デバイスの使用には幾つかの問題点がある。例えば、前述のブランキングデバイスを製造する廉価な方式だけでなく、混信に対するブランキング開口部の遮蔽である。特に、垂直成長を用いて電極を形成することは、むしろ複雑なプロセスになる。そのうえ、このような電極は、変形やストレスに対して非常に敏感である。

30

【 0 0 0 9 】

更に、ブランキングプレートを越える実質的な高さを有する電極は、ブランキングプレートの近くで許容可能な電界強度の限界を与える (これは、電界ラインの境界条件に起因する電極周辺の浮遊電界のためである) 。これは、ブランキングプレートが、電極を具備するブランキングプレートの側面が負 (分散) 及び / 又は正 (集束) の静電レンズの静電電位を規定するために用いられる、 (例えば、出願者 / 譲受人が米国特許 5 8 0 1 3 8 8 号明細書及び 6 3 2 6 6 3 2 号明細書で述べているように) グリッド・レンズの部品として用いられる場合に特に不利となる。

40

【 0 0 1 0 】

従来技術で、パターン規定手段は、開口部と偏向器の比較的高い集積密度のために少なくとも二つの異なるプレート、即ち、ビームの形状を形成し入射ビームによる熱負荷の大部分を吸収するために用いる開口プレートと、偏向器アレープレートとして用いられるブランキングプレートとを具備している。二つ以上のプレート間における高精度の位置合わせと、入射ビームの方向に向かって良好な位置合わせとが要求される。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

50

【0011】

本発明は、従来技術の前述の欠点を克服することを意図している。特に、パターン規定デバイスのレイアウトが、廉価な最新のプロセスによる製造に適するレイアウトになるように改善されるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この課題は、荷電粒子のビームを用いる粒子ビーム露光装置に使用される多重ビーム偏向器アレーデバイスにより本発明に基づいて解決され、薄膜領域を有する全体的にプレート形状の多重ビーム偏向器アレーデバイスであって、薄膜領域が、入射する前記荷電粒子のビームに面する第1の面、第1の面の反対側の第2の面と、それぞれが前記荷電粒子のビームから形成された対応するビーム要素を通過させるアレー状の開口部と、それぞれが前記薄膜領域のいずれか一つの面に形成され、少なくとも一つの前記開口部に付随された複数の窪み部とを備え、更に多重ビーム偏向器アレーデバイスは、アレー状の電極とを備え、開口部のそれぞれが少なくとも電極の一つに付随され、電極のそれぞれが窪み部の一つに配置され、電極は、開口部を通過する荷電粒子が所望の経路に沿って進むことができる無偏向状態、荷電粒子が所望の経路から偏向される偏向状態を実現する。

10

【0013】

この解決方法により、多重ビーム偏向器アレーデバイス（以下において、偏向器アレープレートDAPと呼ぶ。）の基板材料で遮蔽されるので、窪み部の内部での電極の位置決めは、開口部間の混信を最小限にする長所をもつ。更に、高周波で動作する集積回路の消費電力に関連する不可避の熱負荷を鑑みて、薄膜を保持する厚いキャリアフレームに向かって薄膜に沿う熱伝導に対する重要な断面が、偏向器間のスペースが、本発明の好ましい実施例に基づいて、熱伝導性材料で充填されるので大幅に改善される。少なくとも一つの電極が能動的な偏向電極として作用し、一方、電気的な接地のために関係するエレメントが、第二の電極、又は、好ましい変形例ではDAPの基板材料を接地電極として用いることにより実現される。

20

【0014】

本発明の一つの変形例では、窪み部は、DAPの第1の面、即ち、ビーム源に向かう面に形成される。

【0015】

本発明の代替変形例では、窪み部は、DAPの第二の側面、即ち、ターゲットに面した面に形成される。DAPを開口プレートに結合して一枚のプレートにすることにより、パターン規定システムのサイズを更に減少できる。この変形例は、顕著な電界がパターン規定システムを越える空間に延在しないという本発明の特質から可能になる。これに対する理由は、ビームスイッチングのために電圧を加える電極が窪み部の内部に置かれ、窪み部の外部の静電界に顕著な変化をもたらさないことにある。パターン規定システムを越える空間の静電界は、薄膜表面に印加された静電位と隣接する電極（例えば、リング電極）の電位とによって形成され、そこでは、窪み部と電極は、この領域に大きな浮遊電界をもたらさない。これは、パターン規定手段が、グリッドレンズマスクとして外部静電界と共に用いられる時にはいつでも、特に重要になる（例えば、出願者/譲受人）による米国特許5801388号及び米国特許6326632号明細書に既述）。

30

40

【0016】

本発明の他の変形例では、ビーム成形層が薄膜領域の第1の面に設けられ、複数のレトログレードステンシル開口部が前述のビーム成形層に形成され、前述のステンシル開口部の各々が薄膜領域の次の開口部と合致し、前述のステンシル開口部の各々は対応する開口部の内側の幅より小さい内側の幅を有している。即ち、薄膜領域の開口部は、前述のビーム成形層にレトログレードステンシル開口部を具備している。ここで、「レトログレード」とは、ビーム成形層のステンシル開口部が、薄膜領域の開口部の内側の幅より小さい内側の幅を有することを意味している。

【0017】

50

ビーム形成層は、存在する場合、粒子の入射ビームからビームレットの形状を定めるために用いられる。この手段により、パターン規定システムは、単一のプレートをもって実現できる。従来技術で設けられる別のカバープレート及び開口プレートは、省略できる。このように、製造コストと共に寸法形状を削減することができる。

【0018】

好都合に、DAPの薄膜領域は、半導体の基板材料から構成できる。特に、基板材料はシリコンである。半導体の材料は、集積回路を構造化するCMOS技術、及び基板材料を処理する十分にてス路された微細構造化技術の採用を可能にする。粒子を偏向するために電極電位が瞬時に変更され且つ電界強度が増加される電極の区域では、例えば伝導度が約5 m cmの不純物添加シリコンが使用される。誘電率及び電気伝導率の適正值が、所望の周波数の動作のための、本発明に係る多重ビーム偏向器アレーデバイスの動的な挙動と機能とを最適化するために用いられる。

10

【0019】

本発明の適切な変形例では、電極と、前述の電極を制御する回路を含む層との間に埋め込み絶縁層がある。好ましくは、前述の埋め込み絶縁層は、シリコン酸化物SiO₂から成り、薄膜領域全体の上に延在する。絶縁層は、不純物添加シリコンの領域(導電性電極用)を集積回路(IC)、例えばCMOS層から分離するために用いられる。

【0020】

好ましくは、しかし常にそうでないが、電極は、薄膜領域の基板材料と同じ材料から成る。これは、本発明に係るDAPの製造を単純にする。従来技術、例えば米国特許2005/0242302A1号に反して、電極を垂直成長で形成する必要がない。更に、電極を金属材料で被覆してもよい。このような被膜の保護効果に加えて、その優れた導電性は、荷電粒子のビームに起因する電荷の放電を可能にする。

20

【0021】

好ましくは、電極は、窪み部が形成されている薄膜領域の面の表面レベルから突き出ない。これは、電極がこの表面レベル以下の高さであることを意味する。従って、電極が生成する電界の広がりだけでなく開口部間の混信を効果的に低減できる。

【0022】

本発明の好都合な実施例において、偏向電極は、窪み部が形成されている薄膜領域の面と反対側の膜領域の面から接触される。

30

【0023】

好ましくは、窪み部は、内側の幅に関して、薄膜領域の第1と第2の面間の距離より小さな直径を有する。

【0024】

偏向電極に対して接地電極として作用するようにDAPの基板材料を構成することにより、接地電位を与える個々の接地電極の製造が不要になり、前述のデバイスの製作プロセスを単純化できる。この変形例に対しては、偏向電極と基板材料の間の埋め込み絶縁層、例えば、シリコンオン絶縁体(SOI)中のSiO₂を設けることが有用である。

【0025】

本発明の他の変形例において、少なくとも一つの偏向電極をもつ各開口部が、開口部を囲む窪み部に位置する少なくとも一つの接地電極に付随される。この場合、接地電極と偏向電極は、窪み部が形成されている薄膜の面の表面レベルから突き出ないことが好ましい。これは、開口部間の混信を最小限にするだけでなく、パターン規定システムのサイズを低減することも可能にする。

40

【0026】

更に、本発明は、バルク材料層、裏面の反対側の上面のシリコン層により覆われた埋め込み絶縁物層を有するシリコンオン絶縁膜(SOI)ウェハブランクから、投影型リソグラフィシステム、即ち粒子ビーム露光装置に用いられる多重ビーム偏向器アレーデバイスを製造する方法であって、この方法は、

(a) SOIウェハブランクの上面に、シリコン層及び埋め込み絶縁物層を介してバル

50

ク材料層に達するリセスを加工するステップと、

(b) S O I ウェハブランクの上面上のシリコン層上に C M O S 層を形成するステップと、

(c) S O I ウェハブランクの上面に保護絶縁層堆積するステップと、

(d) リソグラフィ法の使用により S O I ウェハブランクの裏面を加工し、以前に上面に加工された対応するリセスを介して延在する開口部と共に電極を形成するステップとを含むことを特徴とする。

【0027】

また、ステップ(b)の後に、絶縁層が、S O I ウェハブランクの上面に堆積され、S O I ウェハブランクの上面を覆う。

【0028】

ステップ(c)の前に、金属ビアコンタクトが、ステップ(a)で形成されたS O I ウェハブランクの上面の選択されたりセスに付加される。

【0029】

この方法の可能な変形例において、ステップ(d)の前に、薄膜領域のS O I ウェハブランクの裏面が、例えば50 μ mの厚さまで薄くされる。これは、化学機械研磨(CMP)のような周知の技術を用いて実施される。

【0030】

ステップ(d)の後で、保護金属層が、S O I ウェハブランクの上面の構造部に堆積される。この層は、粒子ビーム露光装置の荷電粒子に露出された表面を放電するために用いられる。

【0031】

好ましくは、ステップ(d)で、埋め込み絶縁体層が、リソグラフィ中に反応性イオンエッチング(RIE)を用いて、アンダーカットされる。この手法は、荷電粒子ビームからの荷電粒子と衝突する場合に、埋め込みシリコン酸化物層が電荷を収集することを防止する。

【0032】

本発明は、本発明に基づく多重ビーム偏向器アレーデバイスを製造する更なる方法も含んでいて、

(a) S O I ウェハブランクの前記上面に、シリコン層を介して少なくとも埋め込み絶縁物層に達し、シリコン層のそれぞれの部分を少なくとも部分的に囲むリセスを加工するステップと、

(b) リセスを支持材料で少なくとも部分的に充填するステップと、

(c) 上面に、シリコン層を介して少なくとも埋め込み絶縁物層に達し、リセスのそれぞれが、最終的なリセスが - 前述の支持材料で充填された領域を含めて - (本発明に係るデバイスの前述の窪み部に対応する)、完全にシリコン層の(即ち、完全にシリコン層に関する)それぞれの部分を囲み、シリコン層から前述の部分を電氣的に絶縁する形状に形成されるように再加工するステップと、

(d) 部分に対して、残りのシリコン層に対して電氣的に絶縁された電氣的コンタクト手段を提供するステップと、

(e) S O I ウェハブランクの裏面を加工し、以前に上面に加工された対応するリセスを介して延在する開口部を形成するステップとを含むことを特徴とする。

【0033】

この方法のステップ(d)は、上面において、少なくとも部分の位置の近傍で、コンタクトパッドを実現する電氣的コンタクト手段が形成された特定の区域に絶縁層(141)を形成することを実現する。

【0034】

好ましくは、ステップ(e)で、裏面が、薄膜領域で薄膜化され、更に好ましくは、薄膜化プロセスで絶縁物層を除去する。

【発明を実施するための最良の形態】

10

20

30

40

50

【 0 0 3 5 】

次に、本発明を、概略的に示される図面を参照して更に詳細に記載する。

【 0 0 3 6 】

以下に論じられる本発明の好ましい実施例は、出願者/譲受人の米国特許 6 7 6 8 1 2 5 号明細書 (= 英国特許 2 3 8 9 4 5 4 A 号明細書) に開示されているパターン規定システムと、大幅縮小投影システムとをもつ P M L 2 型粒子ビーム露光装置に関連している。下記のように、最初に、装置の技術的な背景が本発明に関連して論述され、次に、本発明の実施例が詳細に論述される。本発明は、本発明の可能な実施形態の一つを単に表す、下記の実施例やパターン規定システムに限定されないことは明らかである。

【 0 0 3 7 】

[P M L 2]

図 1 は、リソグラフィ装置の概要を示す。明確に表示するために、構成部品は適切なサイズでは図示されていない。リソグラフィ装置 1 0 0 の主な構成部品は、図 1 で縦に下ってゆくリソグラフィビーム 1 b、p b の方向に対応して、照明システム 1 0 1、パターン規定システム 1 0 2、投影システム 1 0 3、ウェハステージ 1 8 上の基板 1 7 を有するターゲットステーション 1 0 4 である。本発明は、パターン規定システム 1 0 2 だけに関する。それにもかかわらず、リソグラフィ装置が、本発明の可能な応用の一例を与えるために最初に説明される。

【 0 0 3 8 】

全体の装置 1 0 0 は、装置の光学軸 c x に沿うビーム 1 b、p b の妨害の無い伝搬を保証するために、高真空中に保持された真空ハウジング 1 0 5 に備えられている。図示した実施例で、粒子光学システム 1 0 1、1 0 3 は、静電レンズを用いて主として構築されている。なお、電磁レンズのような他の実施形態も同様に使用できる。

【 0 0 3 9 】

照明システム 1 0 1 は、ガス供給 (図示せず) により与えられる電子又はイオンソース 1 1 と抽出システム 1 2 とを具備する。一つの実施例では、ヘリウムイオン (He^+) が用いられる。しかし、一般的に、他の電氣的な荷電粒子も同様に使用できることに注目すべきである。電子とは別に、これらは、例えば、水素イオン又は重イオンである。この開示事項に関連して、重イオンは、O、N のように、C より重い元素のイオン、又は希ガス Ne、Ar、Kr、Xe のイオンを意味する。水素イオン又は炭素フラーレンイオンのようにマイナスに帯電したイオンも使用できる。

【 0 0 4 0 】

イオンソース 1 1 は、励起粒子、即ち、典型的に数 keV、例えば、10 keV の定められた (運動) エネルギーをもつ粒子を放出する。電気光学コンデンサレンズシステム 1 3 により、ソース 1 1 から放出された粒子は、リソグラフィビーム 1 b となる、広い、実質的にテレセントリックな粒子ビームに形成される。リソグラフィビーム 1 b は、以下に更に詳述するように、パターン規定システムを照射する。リソグラフィビーム 1 b は、パターン規定システム 1 0 2 の複数の開口部を照射する。開口部の一部は、入射ビームに対して透過性になるように「スイッチオン」又は「開放」される。他の開口部は、「スイッチオフ」又は「閉鎖」される、即ち、ビームに対して非透過性になり、ビームレットがターゲットに届かないことを意味する。スイッチオンした開口部のパターンは、基板 1 7 に露光されるパターンに応じて選定され、これらの開口部はビーム 1 b に対して透過性のパターン規定デバイスの唯一の部分であり、複数のビームレットから成る、パターン化されたビーム p b に形成される。

【 0 0 4 1 】

パターン化されたビーム p b により表されるパターンは、次に、荷電粒子投影システム 1 0 3 により基板 1 7 上に投影され、そこでは、それがパターン規定システム 1 0 2 のスイッチオンした開口部のイメージが形成される。投影システム 1 0 3 は、二つのクロスオーバー c 1、c 2 により、例えば、200 倍の倍率を実現する。ビームレットがパターン規定システム 1 0 2 により其のスイッチオンされた経路から偏向されると、それは、例え

10

20

30

40

50

ば、ストッププレート16に吸収される。

【0042】

基板17は、粒子ビームレットに対して感度がよいレジスト層で覆われたシリコンウェハを用いることができる。ウェハは、ターゲットステーション104のウェハステージ18により保持されて位置決めされる。イメージの位置と歪みの補正は、多極電極14及び15により行うことができる。

【0043】

図2は、例えば、出願者/譲受人により米国特許6768125号明細書に記載された従来技術の実施例による、パターン規定システム102の動作モードを示す。これらの詳細は、動作の開示のために必要に応じて記されている。なお、図2~図5では、縦軸の寸法が拡大され、一定の比率で拡大されていない。パターン規定システム102は、構成部品が各々の機能に供される複合デバイスを実現する積層構成で実装された多数のプレートを具備している。プレートの各々は、構造が従来技術で周知の微細構造技術によって形成されている、半導体(特にシリコン)ウェハとして好適に実現される。リソグラフィビーム1bは、アレー状の複数の開口部を介してプレートを横断する。各開口部は、前述のプレートに規定される一組の連続する開口部に対応している。

10

【0044】

入射ビームの方向の最初のプレートは、カバープレート200である。衝突するリソグラフィビーム1bの大半を吸収することにより、前述のカバープレート200は、照射ダメージから次のプレートを保護するように作用する。このために、それは抵抗層210が塗布されている。リソグラフィビーム1bは、複数の開口部を介してカバープレートを横断するが、そのなかの二つだけ図2と次の図に図示されている。

20

【0045】

カバープレート200の後には、ビームレットの形状を規定するように作用するアレー状の開口部を有する開口アレープレート201が続いている。各開口部は、カバープレート200の各々開口部に対応している。開口アレープレート201の開口部は、カバープレート200の各々の開口部の幅より小さい幅である。

【0046】

粒子ビームの方向での開口アレープレート201の後には、DAP202が位置している。このプレートは、選択されたビームレットの通過をスイッチオフするように作用する。複数の開口部を有して、各々が、開口アレープレート201の各々の開口部に対応し、それらの経路から開口部を介して放射された粒子を偏向するように個々に制御される偏向手段を提供している。前述の偏向手段は、偏向電極230、231'と接地電極220、220'の各々から成る。電極は、DAPに対して自立している。図2の実施例で、前述の電極は、最新技術を用いた垂直成長により形成できる。

30

【0047】

例えば、ビームレットAは、偏向電極230が活性化されないので、偏向されずにパターン規定システム102の次の開口部を透過することになる。ここで、「偏向電極230が活性化されない」とは、電圧が偏向電極230に印加されないことを意味する。これは、開口部の「スイッチオン」状態に対応する。ビームレットAは、影響を受けずにパターン規定システム102を通り、粒子光学システム103によって第1のクロスオーバーc1を介して結像される(図1)。

40

【0048】

対照的に、活性化されると、即ち、偏向電極230'に横方向に電圧を印加すると、ビームレットBに関して、「スイッチオフ」状態が実現する。この状態では、偏向電極230'は、ビームレットBをその経路から偏向する。その結果、ビームレットBは、第1のクロスオーバーc1から離れてストッププレート16に吸収される。ビーム偏向角度は、図2~図5で拡大表示されているが、一般に非常に小さく、典型的には0.5~5千ラジアンである。

【0049】

50

スイッチオンした開口部のパターンは、装置から得られるパターン化ビーム p b に形成されることになるビーム l b に対して透過性のパターン規定デバイスの唯一の部分であり、基板 1 7 上に露光されるパターンに従って選定される。

【 0 0 5 0 】

[単板 D A P]

図 3 ~ 図 5 は、単板で実現された D A P による本発明に係るパターン規定システムの別の実施例を示す。図 3 で、開口アレープレート 3 1 0 は、D A P 3 1 1 の上方に配置された「ビーム成形プレート」にカバープレートの機能により結合している。開口アレープレート 3 1 0 は、荷電粒子ビーム l b の衝突する粒子に起因する熱負荷を消散できる十分な厚さを有する。偏向手段は、開口部ごとにただ一つの偏向電極 3 1 2、3 1 2' によって実現される。D A P 3 1 1 の基板材料は、偏向電極 3 1 2、3 1 2' に対する接地電極として作用するように構成されている。従来技術とは違って、偏向電極 3 1 2、3 1 2' は、自立型でないが、入射粒子ビームと反対側の D A P の面において開口部周辺に形成された窪み部 3 1 3、3 1 3' の内部に位置している。電極 3 1 2、3 1 2' は、この反対側の面の表面レベルから突き出していない。このような配置は、パターン規定システムの全体的なサイズを減少させる長所を有する。

10

【 0 0 5 1 】

図 4 は、図 3 と同じ機能プレートのシーケンスを示すが、D A P 3 2 1 の具体化の点で異なる。ここで、開口部の周辺の窪み部は、入射粒子ビームに面する D A P の面に形成されている。窪み部に偏向電極 3 2 2、3 2 2' を配置することにより、開口アレープレート 3 2 0 と D A P 3 2 1 間の空間の外側における電界勾配の変形を回避できる。

20

【 0 0 5 2 】

本発明の変形例では、図 5 に示すように、改修された D A P 3 3 1 は、カバープレート、開口プレート、及び偏向器プレートの役割を一つのプレートに結合して、パターン規定システムとして用いられる。ビーム成形層 3 3 0 が、D A P 3 3 1 の第 1 の面に設けてあり、ビームレットの形状を規定するために用いられる。ビーム成形層 3 3 0 は、薄膜の一部であり得、あるいは、後の処理ステップで、例えば、金属の蒸着、D A P 3 3 1 に対する別個の層の電気メッキ又はボンディングにより付加することができる。D A P 3 3 1 の開口部は、ビーム成形層 3 3 0 にレトログレードステンシル開口部 3 3 3 を具備する。この場合の「レトログレード」とは、ビーム成形層 3 3 0 のステンシル開口部 3 3 3 の内側の幅が後続の D A P 3 3 1 の開口部の内側の幅より小さいことを意味する。ステンシル開口部 3 3 3 の内側の幅は、各ステンシル開口部の全体で一定であるか又はビームの方向と共に増加し、入射ビームから離れる面に向かって広がる。用語「レトログレード」は、ビーム成形層 3 3 0 のステンシル開口部において、D A P 3 3 1 の開口部の内側の幅が、それに続く開口部より小さいことを示すために用いられる。ビームレットは、粒子の入射ビームと反対側の面の D A P 3 3 1 に形成されている窪み部に配置された偏向電極 3 3 2、3 3 2' によって偏向される。

30

【 0 0 5 3 】

図 3 ~ 5 に示した本発明の実施例は、随伴する接地電極として作用する D A P の基板材料と協同する開口部ごとに一つの偏向電極を具備している。完全を期すため、偏向電極及び接地電極の二つの代替配置について、簡単に提示する。

40

【 0 0 5 4 】

図 6 は、荷電粒子のビームレットが横断する開口部を有する D A P 4 4 1 の断面を示す。窪み部 4 1 0 に、同じ高さの二つの偏向電極 4 1 1、4 1 2 が前述のビームレットを偏向するように設けられている。窪み部は D A P 4 4 1 のいずれかの面に形成できる。このような配置構成により、双極の偏向が、接地電極として作用する D A P 4 1 1 の基板材料と共にいずれかの偏向電極 4 1 1、4 1 2 に電圧を印加することにより実現できる。

【 0 0 5 5 】

図 7 は、偏向電極 4 1 5 及び接地電極 4 1 4 が窪み部 4 1 3 に形成されている配置構成を示しているが、前述の配置構成を D A P 4 4 1 のいずれかの面に設置してもよい。接地

50

電極 4 1 4 は高さが偏向電極 4 1 5 を上回っているが、電極は窪み部 4 1 3 が形成されている面の表面レベルから突き出していない。

【 0 0 5 6 】

更に、例えば、図 7 の実施例で示すように、電極 4 1 4 と 4 1 5 のいずれか又は両方を金属材料 4 4 0 で被覆してもよい。

【 0 0 5 7 】

図 8 は、図 3 の実施例に対応して、本発明に係る開口プレート 5 0 1 及び D A P 5 0 2 のより詳細な断面を示す。一つの開口部だけが、明確にするために描かれている。粒子 1 b の入射ビームに向かう側の面上では、開口プレート 5 0 1 が、照射ダメージを防止するための抵抗層 5 0 0 で覆われている。D A P 5 0 2 は、基本的にプレート状の形状を有する。その第 1 の面 5 0 4 は、粒子の入射ビームに向いていて、第 2 の面 5 0 3 が反対側に位置している。

10

【 0 0 5 8 】

D A P は、半導体、好適には導電率が約 $5 \text{ m} \cdot \text{cm}$ の不純物添加シリコン製のバルク材料の層（バルク層）5 0 5 を具備する。この層が、接地電位を規定し、薄膜領域の D A P の基板材料となる。バルク材料の層はまた、D A P 5 0 2 の電子的動作を与える、高周波で動作する集積回路の消費電力に関連する熱負荷のほとんどを消散させる。絶縁層 5 0 6、例えば、シリコン酸化物が、粒子の入射ビームに面する側の面のバルク材料の層 5 0 5 上に設けられている。別のシリコン層 5 0 7 が、この絶縁層 5 0 6 上に設けられている。バルク材料の層 5 0 5 の厚さは約 $50 \mu\text{m}$ である。絶縁層 5 0 6 の厚さは約 300 nm であり、シリコン層 5 0 7 は典型的に $2 \sim 3 \mu\text{m}$ である。

20

【 0 0 5 9 】

C M O S 回路層 5 0 8 が、粒子の入射ビームに面する側のシリコン層 5 0 7 の面に製造されている。この C M O S 回路層 5 0 8 は、D A P 5 0 2 の電子動作を与えるための電子部品（図示せず）を含む。絶縁層 5 0 6 は、シリコン層 5 0 7 及び C M O S 回路層 5 0 8 とをバルク層 5 0 5 から遮蔽する。

【 0 0 6 0 】

C M O S 回路層 5 0 8 は、例えば、シリコン酸化物から成る絶縁保護層 5 0 9 で覆われている。保護金属層 5 1 0 は、帯電を避けるために絶縁層 5 0 9 に重ねられている。

【 0 0 6 1 】

30

図 8 に示す本発明の実施例では、偏向電極 5 1 1 が、D A P 5 0 2 の第 2 の面 5 0 3 に形成された窪み部 5 1 2 に配置されている。あるいは、前述の窪み部は第 1 の面 5 0 4 に形成されてもよい。いずれかを具体化したものが、本発明の一部となる。

【 0 0 6 2 】

偏向電極 5 1 1 は、バルク層 5 0 5 と同じ材料から成る。電極は、リソグラフィプロセスを用いて D A P 5 0 2 の基板材料から形成されている。金属ビアコンタクト 5 1 3 は、電源ライン及び電極の制御回路とを具備する C M O S 層 5 0 8 に偏向電極 5 1 1 を接続する。本実施例では、D A P 5 0 2 のバルク層 5 0 5 は、偏向電極 5 1 1 の接地電極となる。

【 0 0 6 3 】

40

[製作プロセス]

次に、本発明に係る D A P を製作する一つの可能な方式を提示する。

【 0 0 6 4 】

図 9 . 1 ~ 図 9 . 1 6 は、図 8 の D A P 5 0 2 を製造する製作プロセスの一例を示す。プロセスのステップ 1 ~ ステップ 1 6 の順番に従って処理されるウェハの断面が図示されている。明確にするために、製作については、一つの窪み部とそれに付随する偏向電極とに重点を置いて説明する。もちろん、D A P 5 0 2 は複数の窪み部と電極とから成り、したがって、次の説明には本発明に対していかなる制限にも相当しない。

【 0 0 6 5 】

シリコンオン絶縁体（S O I）ウェハブランク 6 0 0 は、図 9 に示す製作プロセスの基

50

本材料である。ウェハブランク 600 は、例えば、650 μm の厚さを有する（図 9.1）。それは、バルク層 601、例えば 300 nm 厚さである埋め込みシリコン酸化物層 602 と、例えば 2 μm 厚さのシリコン層 603 とを具備する。これから、シリコン層 603 の側の面を SOI ウェハ 600 の上面 TS と呼び、一方、反対側の面を裏面 BS と呼ぶ。

【0066】

SOI ウェハ 600 の上面 TS 及び裏面 BS は、互いに何れかの面で処理される構造の正確な位置合わせを可能にするために、アライメントマーク（図 9.1 ~ 図 9.14 に図示してない。図 10 を参照）。アライメントマークは、標準的な両面フォトリソグラフィ及びエッチング技術により製作される。SOI ウェハの上面 TS のアライメントマークは、シリコン層 603 を介して埋め込みシリコン酸化物層 602 に達している。SOI ウェハの裏面 BS のアライメントマークの深さは、製作プロセスの全体にわたってアライメントマークの高精度の位置合わせ機能を可能にするように設定してなければならない。SOI ウェハ 600 の上面 TS 及び裏面 BS のアライメントマーク間のアライメント精度は、最新技術によれば約 0.1 μm である。先端のシステムにより、より高い上面及び裏面間の精度が可能となる。アライメントマークの数はユーザが定めるが、DAP あたり少なくとも二つのマークを割り当てるべきである。

10

【0067】

製作プロセスの最初のステップで、リセス 604、605 が反応性イオンエッチング（RIE）技術を用いてウェハ 600 の上面 TS に形成される（図 9.2）。リセス 604、605 は、シリコン層 603 及びシリコン酸化物の絶縁層 602 を介してバルク層 601 に延在する。リセス 605 は、次のステップで形成される偏向電極及び CMOS 層 606 の間でのピアコンタクトに対応するように設計されている。

20

【0068】

次のステップで、CMOS 回路層 606 が、ウェハ 600 の上面 TS のシリコン層 603 に形成される。この層は DAP を制御する電子部品の全てを含んでいる。CMOS 層 606 の形成は一連のステップを具備するが、このような層の製造は既に確立された技術なので、図 9.3 では一つだけのステップとして描かれている。また CMOS 回路層 606 を形成して製造プロセスを開始し、前述のリセスの製造と以下に述べる他の製造ステップとを引き続き行うこともできる。

30

【0069】

酸化物堆積により、ウェハの上面 TS がシリコン酸化物の絶縁層で被膜される（図 9.4）。絶縁層は次に RIE（図 9.5）を用いて除去され、前述の層が RIE の異方位性のためにウェハの上面 TS の垂直部に残る。

【0070】

その後、メタルコンタクト 607 が CMOS 回路層 606 及び電極の間の接続のために、リセス 605 に設けられる（図 9.6）。次の製作ステップは、ウェハ 600 の裏面 BS に関係している。したがって、絶縁層 608 が表面を保護するためにウェハの上面 TS に堆積される（図 9.7）。ここからは、処理されるウェハの断面が、図 9.8 ~ 図 9.16 において上下反転して描かれている。

40

【0071】

ウェハ 600 の裏面 BS に周知のエッチング技術を適用することにより、薄膜領域が生成される。バルク材料の層 601 の厚さが、標準のウェハ薄膜化技術を用いることにより、650 μm から、例えば、50 μm に低減される（図 9.8）。この標準プロセスに対する個々のステップ、例えば、KOH ウェット化学エッチングは、図示されていない。

【0072】

それから、ウェハ 600 の裏面 BS が、リソグラフィプロセスを用いて構造化される。最初に、絶縁酸化物、例えば、 SiO_2 の薄層 619 が、熱酸化により裏面 BS 上に形成される（図 9.9）。この後、この絶縁酸化物の薄層 619 は、フォトレジスト層 609 をスプレー塗布して覆われる（図 9.10）。絶縁酸化物の薄層 619 は省略でき、以下

50

のエッチングをレジストマスクを用いて実施することができるが、そうすると、以下のリソグラフィステップが50 μmまでのシリコンのエッチングを含むので有利にはならない。

【0073】

フォトリソ層609は、例えばレーザービームライタにより露光される。このために、ウェハ600の裏面BSの一つアライメントマークが検出され、これを参照して、所望のパターンが裏面BSのレジストでカバーされた薄膜領域に露光される。露光されたパターンは、既に形成されているリセス604、605によく位置合わせされる。レーザービームリソグラフィの後、フォトリソ層609が現像される(図9.11)。

【0074】

RIEを用いて、レジストでマスクされたパターンが絶縁酸化物の薄層619に転写される(図9.12)。次のステップで、フォトリソが除去され、リセス611がエッチング技術、例えばRIEを用いてバルク層に形成される(図9.13)。このリセス611は、後で偏向電極に対応する窪み部になる。リセスは、電極の形成を意図したバルク材料の少なくとも一つの中心部612を囲んでいる。

【0075】

引き続き、レーザービームリソグラフィプロセスが、SOIウェハの裏面BSに2回適用される。フォトリソ層が裏面BSに成膜され、レーザービームリソグラフィによって露光される。フォトリソ層の現像後、RIEを再び用いて、ウェハ600の裏面BSを加工する。リセス611は、ここで、ウェハ600の裏面BSからバルク層601を介して埋め込みシリコン酸化物層602に延在している。図9.14は、これらの処理ステップの結果だけ示している。

【0076】

レーザービームリソグラフィプロセスの2回目の適用は省略できる。この場合、フォトリソ(及び絶縁酸化物の薄層)は別にパターン化される。その結果、リセスは、最初のRIEを用いて既に埋め込みシリコン酸化物層602に達しており、電極の最上部はSOIウェハの裏面BSの表面レベルに等しくなる。

【0077】

次のステップで、開口部がウェハ600の全体を貫通するまでエッチングを続ける(図9.15)。エッチングは、上面TSあるいは裏面BSから行ってもよい。なお、シリコン酸化物層602は、この処理ステップの途中でアンダーカットされる。これは、シリコン酸化物層602が粒子ビームの粒子によって帯電することを防止することに寄与する。アンダーカット構造が、図610で表示されている(図9.15)。最後に、上面TS上の構造が、保護金属層611で覆われる(図9.16)。

【0078】

図9.16は、窪み部613に配置された、開口部614に付随する偏向電極612を示している。電極は、リセス605に提供されたメタルコンタクト607を介してCMOS層606に接続されており、このメタルコンタクト607はシリコン酸化物層602を横断している。

【0079】

前述の方法で製造された全体的なDAP700の縦断面の略図が、図10に描かれている。DAP700は、粒子の入射ビームに向かう側の上面705、及び反対側の裏面706を有する。DAPの一部の層は、バルク層と比べると僅かの厚さであり、実際の精度では図10には画けないので、それらは明確にするために省略されている。しかし、これは、本発明にいかなる限定を与えるものでない。図10は薄膜領域701を示しており、そこには、開口部に伴われた窪み部及び付随する電極が配置されている。可能な変形例として、直径が150mmのSOIウェハブランクが用いられる。このようなウェハは、8個のDAPを提供することができ、各々は1辺が30mmの正方形である。

【0080】

薄膜領域701は、例えば、四角形状であり、実質的な厚さが、例えば650 μmのフ

10

20

30

40

50

レームで囲われている。辺長702は20mmである。薄膜領域701のバルク材料の厚さは約50 μ mである。明確に表示するために図10には、多数の開口部のなかで三つだけが実際に図示されている。用いる設計によって、一つの偏向器アレー手段は、より厚い区域で分離された一つ以上の薄膜領域を有することができる。製作プロセスがDAPの両面での処理ステップを含むので、DAP700の上面705のアライメントマーク703、704、及び関連した裏面706のアライメントマーク703'、704'は、どちらの面の構造でも位置合わせすることを可能にさせる。二対のアライメントマークが、ここで例示されているにすぎないが、任意の妥当な数のアライメントマークが可能である。

【0081】

以下に概述する他の可能な製作方法では、薄膜領域がウェハの全体に延在する。したがって、ウェハ全体が、例えば50 μ mの厚さに薄くされる。

10

【0082】

第1の処理ステップは、図9.1~図9.7に示したように、既に詳細に説明した製作方法のものと同様である。図9.7は、SOIウェハの上面TSの保護層608の堆積を示す。ここで記載される方法では、その後、SOIウェハの上面がキャリアウェハに接合される。次に、ウェハ全体が、例えば50 μ mの厚さに薄くされる。滑らかな表面にするためにCMPが用いられる。SOIウェハの裏面側を加工する次の処理ステップは、第1の製作方法の図9.8~図9.16に示されたステップと同様である。上面及び裏面の構造の位置合わせを可能にするためにSOIウェハの裏面側に設けられたアライメントマークはいずれも、ウェハ薄膜化に耐えられるように十分な深さにする必要がある。

20

【0083】

[典型的な寸法]

図11は、図8に示したものと同様のDAP800の薄膜領域701の区域の上面図であり、二つの開口部801、801'、及び関連する偏向電極802、802'が窪み部803、803'に配置されている。

【0084】

図12は、図11のC-C線に沿った断面を示しており、DAPの典型的な寸法の概要を示す。明確に示すために、DAPの形状だけ描かれていて、内部構造は省略されている。開口部の幅901は5 μ mである。偏向電極802に隣接する開口部のエッジと開口部に面する偏向電極802の側面との間の距離902の典型的な値は、2 μ mである。この距離を1 μ mに減少できるが、この寸法は上面から裏面への位置合わせの許容誤差により制限される。距離902をより小さくする方が利点がある。ビームレットの制御に必要な電圧をより低くできるからである。隣接した窪み部の対応するエッジ間の距離を意味する周期903は、約30 μ mである。基板の厚さ905は50~60 μ mである。電極の高さ904は望ましくは約40 μ mであり、高さ904は、電極が基板の表面から突きでない限り、基板の厚さと等しくしてもよい。

30

【0085】

[二板DAP]

図13は、他の実施例によるDNP130を示す。それは、シリコンウェハから形成され、ボンディングパッド133により互いに接合された二つのプレート131、132から成る。DAP130は、図3又は4に示したタイプの開口アレープレートと組み合わされている。

40

【0086】

プレート131、132は、DAP130の特定の役を担う。プレート131は開口部140の各々に応じて偏向電極を具備し、一方、プレート132は、偏向プレート131に接合パッドコンタクトを介して送られるパターンデータの処理及び中間保存のために必要な全電気回路を有するエレクトロニクス層142(例えば、CMOS層)を含む。(エレクトロニクス層142の内部構造は図示省略)。プレート131、132は、明確に表示するために図では分離して描かれている。動作のために、それらは、ボンディングにより取り外せないように接着されている。ボンディングパッド133は、プレート131、

50

132の機械的な接続だけでなく、以下に更に説明するように、プレート131、132の電子部品間の明確な電気接触も与える。プレート132に形成された開口部は、許容誤差の調整を可能にすると共に粒子ビームとエレクトロニクス層142の回路との間の望ましくない相互作用を低減するように、プレート131の開口部より、かなり広がっている。

【0087】

開口部の一つの有利なデザインを、ここで、図13及び図14を参照しながら述べる。図14はプレート131の一つの開口部140の平面図を示し、図13に示した断面が図14のN-N線に沿っている。各開口部140には、偏向電極135が設けられ、偏向電極の反対側の側面134は、カウンター電極として作用する。カウンター電極側面134は、規定された電界構成を可能にするために、好ましくは凹面をもって開口部140に突き出るように有利に形成される。偏向電極135はウェハ薄膜領域（例えば、図10の薄膜領域701）の周辺バルク材料144から電氣的に絶縁されているが、カウンター電極側面134はバルク材料144上に直接形成できて、その場合、プレート131の全ての偏向電極がバルク材料144の共通接地電位に対して動作する。接地電位は、薄膜領域の外側に形成される接地パッド143によって維持される。追加の接地パッドが、開口部フィールド上の接地電位の安定性を高める（浮遊誘導性の減少）ために、開口部間に設けられてもよい。

【0088】

偏向電極135は、それ自身が絶縁特性（例えば、シリコン酸化物又はシリコン窒化物）を有するか、又は偏向電極135及び/又はバルク材料144の材料との絶縁界面（例えば、表面酸化によって形成される界面）を共有するような支持材料145によってバルク材料144に接続される。既に述べたように、各偏向電極135は、電極に印加される電位を供給する接続部として作用するパッド133に結合される。接続パッド133は、絶縁層141によりバルク材料144から絶縁されている。絶縁層は、特定の位置にだけ打ち抜き穴を設けられたパッド133の支持層として示されるように薄膜領域の特定の区域にだけ設けられ、各電極135とパッド133との電氣的接続を形成する。変形例では、電氣的接続及び開口部140に対する窓を形成する前述の打ち抜き穴を除いて薄膜領域全体に及んでもよい。

【0089】

偏向電極135及びカウンター電極フェース134の間の距離の典型的な値は、約5～6 μm である。プレート131は約20～80 μm の厚さの薄膜を有し、一方、CMOSプレート132は約25～40 μm の厚さを有する。CMOSプレートの開口部の幅は、開口部140が残されさえすれば異なってもよく、例えば9 μm 以上としてもよい。ボンディング位置の必要な精度は約 $\pm 2\mu\text{m}$ である。もちろん、図3及び図4の開口アレープレートに関して、開口部は、それらの横方向の寸法形状に関して、DAP130の開口部140内に組み込まれている。それらの位置は、図14で破線の正方形の記号で示されている。開口部の幅は、例えば3.75 μm であり、開口アレープレートの厚さは約10～20 μm である。

【0090】

[二板DAPの製作プロセス]

図13及び図14のプレート131の典型的な製作プロセスを、図15.1以下の図（多数の開口部から二つの製造を示す断面詳細）を参照して以下に述べる。プロセスは、SOIウェハブランク650から始まり（図15.1）、これは、表面側を先と同様に「裏面」BS'と呼ぶバルク層651と、例えば300nmの厚さでエッチング停止層652として作用する埋め込みシリコン酸化物層と、「上面」TS'で、例えば50 μm の厚さのシリコン層653とを具備している。得られる上面のシリコン層が所望の開始時の厚さ、この場合50 μm 、より薄い場合、所望の厚さのシリコン層653は、初めの上面層上にシリコンのエピタキシャル成長を行うことにより形成される。

【0091】

将来の開口部 140 の位置で、リセス 656 が、例えば周知のリソグラフィ方法によりウェハ 650 の上面に規定され、RIE等の異方性エッチングでエッチングされる。リセスは、好都合にエッチング停止層 652 で停止する(図 15.2)。リセス 656 の形状は図 16 の平面図に示すように C 字形である。各リセス 656 は、従って、偏向電極 135 になるように意図された上面層の突出部 655 を囲んで規定する(図 14 も参照)。

【0092】

次のステップで、リセス 656 の側面には、例えば、酸化プロセスにより絶縁カバーが設けられる(その結果の酸化物層が、太い垂直線で描かれている)。次に、リセスは、例えばアモルファスシリコンやポリシリコン等の材料で充填される。このステップは、後に電極 135 の機械的な支持を与えることになる支持材料 145 をもたらす。このステップの結果が、図 15.3 に示されている。

10

【0093】

図 15.3 のステップの間の代替として、リセス 656 の側面を絶縁するステップは、図 15.3a に示すように、次に絶縁性の支持材料が充填される場合に省略できる。

【0094】

その後、リセス 657 は、図 14 に示した開口部 140 になるが、ウェハの上面側に形成される。このため、リセス 657 の各々は、層 653 から(電極 135 の先行形態である)部分 655 を分離するように、2ヶ所の前のリセス 656 それぞれに充填される支持材料に接続する形状を有する。リセスは、エッチング停止層として層 652 を用いてエッチングされる。このプロセスの変形例において(図示せず)、リセスは、酸化物層 652 を通ってバルク層 651 に延在するようにエッチングされてもよい。リセスを形成する処理方法、特に異方性エッチングは、従来技術で周知の方法である。このステップの結果が、図 15.4 に示されている。

20

【0095】

支持材料 145 の量は、電極 135 をバルク材料 144 に機械的に接続すると共に、連続する製作プロセス中、及び上面層 653 に対して高信頼性の電気絶縁を確保しながらの動作中に支持するのに十分な量に選定される。

【0096】

次のステップで、電気的コンタクトが電極部 655 に対して形成される。絶縁体層区域 141 及びそれらの上部のコンタクトパッド 133 は、電極の電気的コンタクトを形成するように堆積され接続される。コンタクトパッドは、電極の位置に横方向に十分にずれた位置に設けられることに注目することが重要である。同時に、接地パッド 143 (図 13) が作られる。この処理段階の結果が、図 15.5 に示されている。

30

【0097】

この後、裏面側のバルク層 651 は、エッチング停止層 652 まで薄くされる。図 15.6 は、これから処理されるのが裏面 BS' であるので、図 15.5 と同じであるが、上下逆転してある。薄膜化は、好ましくは薄膜領域にだけ行われる。同時に、リセス 657 は裏面側に向けて開放され(エッチング停止層がそこから除去されるので)、開口部 140 が形成される。このステップの結果が、図 15.7 に示すように、最終のプレート 131 になる(プレート 131 の構成部品は、明確に表示するために図 13 と異なる寸法形状で示されている)。

40

【0098】

対応するプレート 132 は、周知の CMOS 製作技術により製作できる。電気回路のレイアウトは本発明の要件でなく、DAP エレクトロニクスについての更なる詳細は前述の公開文献を参照されたい。プレート 132 は、プレート 131 の開口部に対応する複数の孔を設けられ、更に、プレート 131 に電気的コンタクトを提供する対応するコンタクトパッドを具備している。

【0099】

プレート 131 と CMOS プレート 132 の間の位置合わせは、開口部 130 と同時に形成されたアライメントマーク 160 を用いてなされ、さもなければ、位置合わせは、最

50

新技術に準じてなされる。

【0100】

最後に、プレート131は、例えば共晶ボンディング技術を用いてプレート132に接合される。プレート132を薄膜化は、接合プロセスの前又は後に実施される。

【0101】

もちろん、前述のプロセスの更なる変形例は、既に述べた変形例に加えて可能である。例えば、SOIウェハ650の代わりに、エッチング停止として作用できる埋込層をもつ他のウェハタイプを使用できる。エッチング停止層が絶縁性でない場合、絶縁体層を提供する追加のステップが、裏面側の薄膜化エッチングステップの後に挿入される。更に、電極135は、支持材料に充填するステップの前後に挿入される追加のエッチングステップにより寸法を低減され、高さが周辺材料144の厚さより薄い電極135が形成される。

10

【0102】

製作プロセスの注目すべき変形例では、図15.2～図15.3のステップに関して、上面層653にエッチングされるリセスは、リング状又は好ましくは(図16の形状656よりも)図17の平面図において数字654で記すA字型形状がよい。このように、電極135の形状は、上面層の島状部655'として、このステップで既に規定される。引き続き、リセス654の側面に、図15.3に関連して既に述べたように、絶縁カバーが与えられ、リセスは支持材料で充填される。その後、プロセスが前述のように継続される(開口部140のリセスの形成等)。スペースに材料を選択的に充填する方法が使用できる場合、これらの方法を用いて、リセスを塞がないように支持材料を提供することができ、リセス140を再エッチングする必要性が無くなる。

20

【0103】

もちろん、二つの製作プロセスを適切に組み合わせてもよい。製作方法の主要な局面は、上面にリセスを形成して、開口部の位置での上面層に構造を形成すること、そこに備えられる電極構造をもつ窪み部を形成すること、及び、裏面側を処理して前に加工された対応するリセスへと延在する開口部を開口することである。例えば、第1の製作プロセス(図9)は、SOIウェハブランクにCMOS層を形成する処理ステップを除外し、第2の製作プロセス(図15.5)のようにパッドフィールドを形成する処理ステップを代わりに挿入することにより、二板デバイスのために変更できる。

【図面の簡単な説明】

30

【0104】

【図1】本発明が適用される粒子ビーム露光装置のレイアウトの縦方向の断面図である。

【図2】従来技術に係る、図1のリソグラフィ装置に適した従来技術のパターン規定システムの縦方向の断面の詳細である。

【図3】図1のリソグラフィ装置に適した本発明に係るパターン規定システムの実施例の縦方向の断面(その1)の詳細である。

【図4】図1のリソグラフィ装置に適した本発明に係るパターン規定システムの実施例の縦方向の断面(その2)の詳細である。

【図5】図1のリソグラフィ装置に適した本発明に係るパターン規定システムの実施例の縦方向の断面(その3)の詳細である。

40

【図6】偏向電極の異なる実現事例(その1)である。

【図7】偏向電極の異なる実現事例(その2)である。

【図8】本発明に係る多重ビーム偏向器アレーデバイス内の開口部の拡大断面図である。

【図9.1】図8に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その1)である。

【図9.2】図8に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その2)である。

【図9.3】図8に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その3)である。

【図9.4】図8に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図

50

(その４)である。

【図９．５】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その５)である。

【図９．６】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その６)である。

【図９．７】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その７)である。

【図９．８】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その８)である。

【図９．９】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その９)である。

10

【図９．１０】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１０)である。

【図９．１１】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１１)である。

【図９．１２】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１２)である。

【図９．１３】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１３)である。

【図９．１４】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１４)である。

20

【図９．１５】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１５)である。

【図９．１６】図８に示したタイプの多重ビーム偏向器アレーデバイスの製作を示す工程図(その１６)である。

【図１０】本発明に係る多重ビーム偏向器アレーデバイスの縦方向の概略断面図である。

【図１１】図１０のデバイスの二つの開口部をもつ領域の上面図である。

【図１２】C - C線に沿う図１０のデバイスの断面である。

【図１３】本発明に係る偏向器アレーデバイスの二板構造の実施例の縦方向の断面である。

30

【図１４】図１３の偏向器アレー手段の一つの開口部の平面図である。

【図１５．１】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その１)である。

【図１５．２】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その２)である。

【図１５．３】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その３)である。

【図１５．３a】図１５．３のステップの代替ステップを示す工程図である。

【図１５．４】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その４)である。

40

【図１５．５】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その５)である。

【図１５．６】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その６)である。

【図１５．７】図１３及び図１４に示すタイプの偏向アレー手段の製作プロセスを示す工程図(その７)である。

【図１６】図１５．２の処理ステップで形成されたC字型リセスの平面図である。

【図１７】処理フローの変形例で形成されたA字型リセスの平面図である。

【図1】

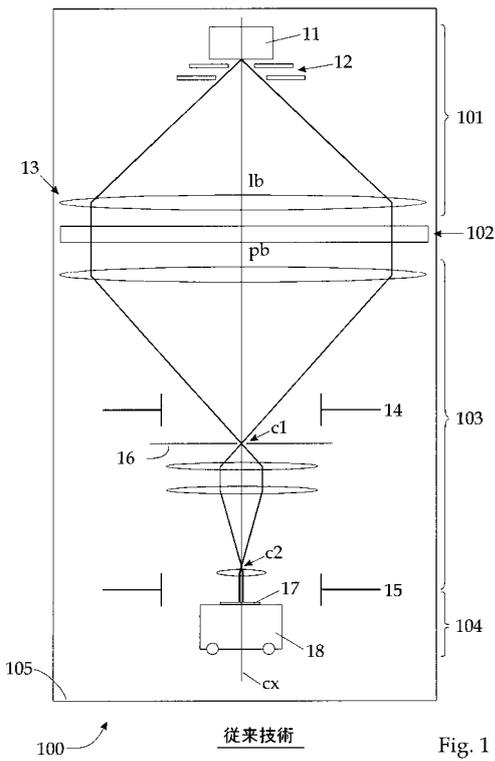


Fig. 1

【図2】

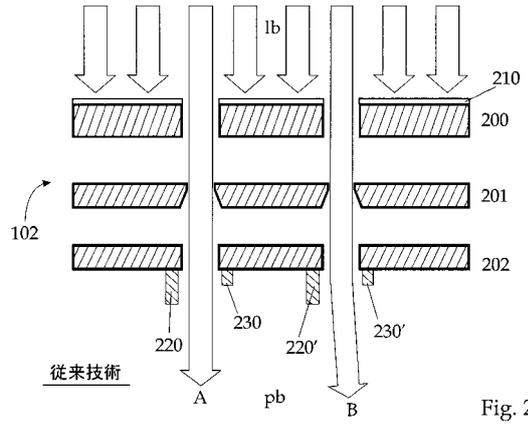


Fig. 2

【図3】

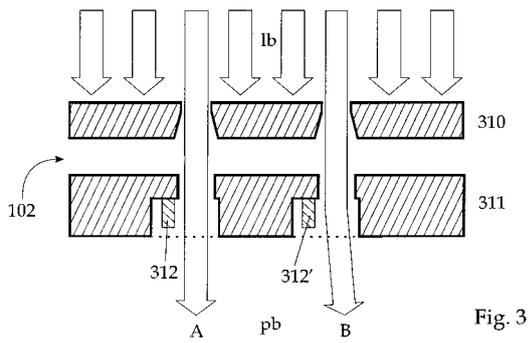


Fig. 3

【図4】

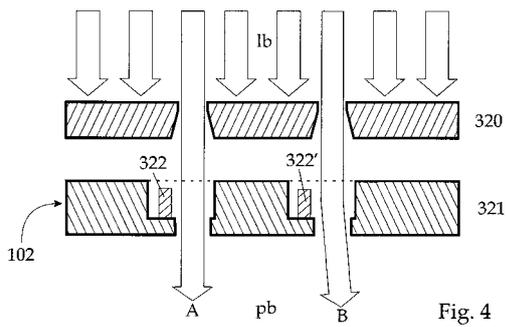


Fig. 4

【図6】

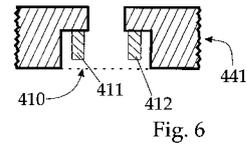


Fig. 6

【図5】

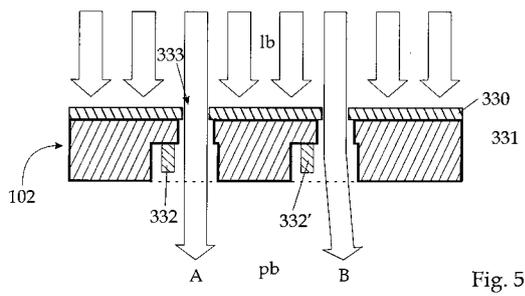


Fig. 5

【図7】

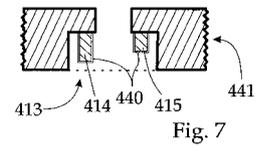


Fig. 7

【 図 8 】

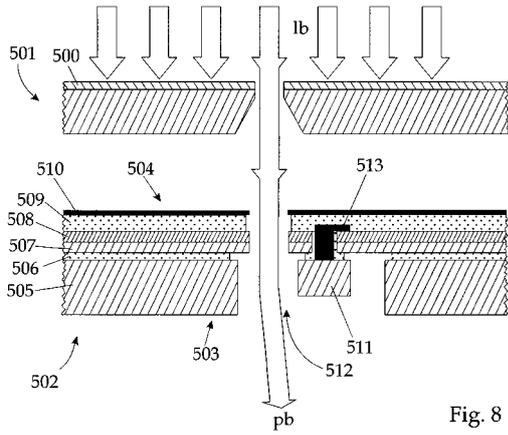


Fig. 8

【 図 9 . 1 】

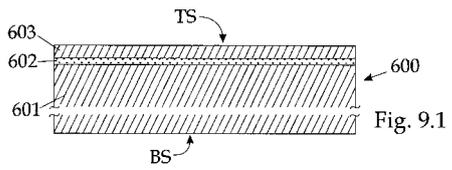


Fig. 9.1

【 図 9 . 2 】

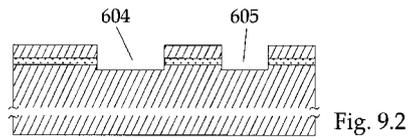


Fig. 9.2

【 図 9 . 3 】

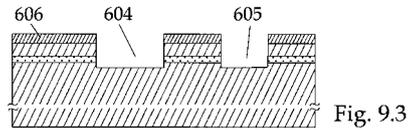


Fig. 9.3

【 図 9 . 4 】

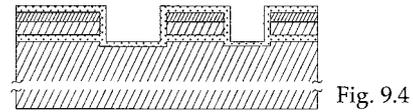


Fig. 9.4

【 図 9 . 5 】

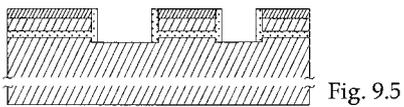


Fig. 9.5

【 図 9 . 8 】

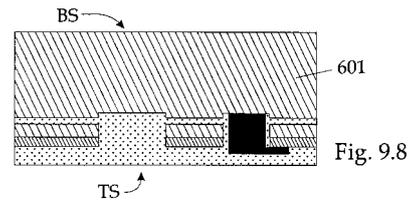


Fig. 9.8

【 図 9 . 6 】

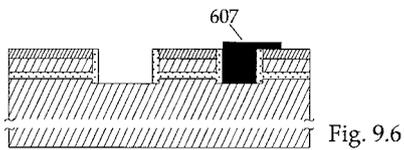


Fig. 9.6

【 図 9 . 9 】

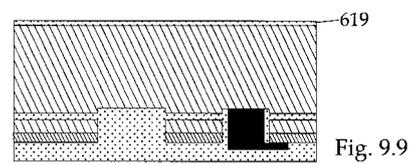


Fig. 9.9

【 図 9 . 7 】

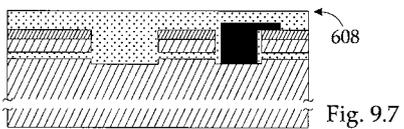


Fig. 9.7

【 図 9 . 1 0 】

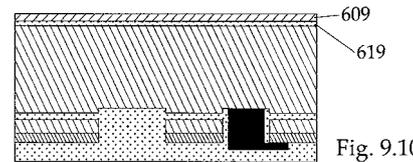


Fig. 9.10

【 図 9 . 1 1 】

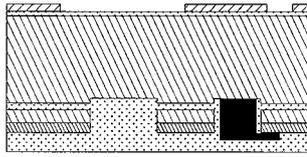


Fig. 9.11

【 図 9 . 1 4 】

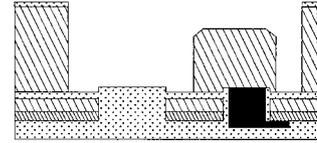


Fig. 9.14

【 図 9 . 1 2 】

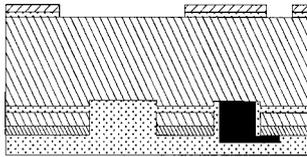


Fig. 9.12

【 図 9 . 1 5 】

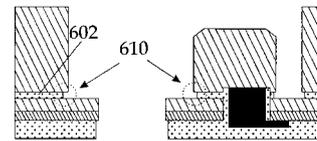


Fig. 9.15

【 図 9 . 1 3 】

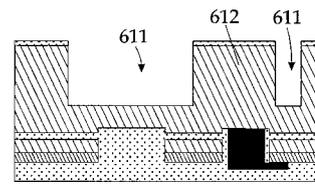


Fig. 9.13

【 図 9 . 1 6 】

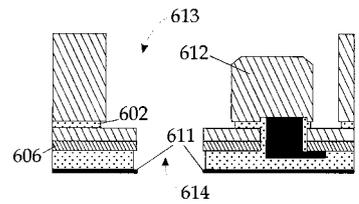


Fig. 9.16

【 図 1 0 】

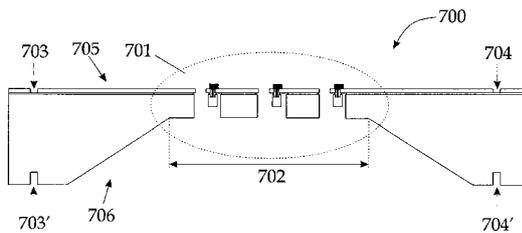


Fig.10

【 図 1 2 】

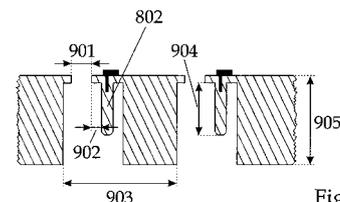


Fig. 12

【 図 1 1 】

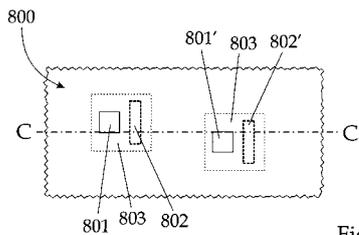


Fig. 11

【 図 1 3 】

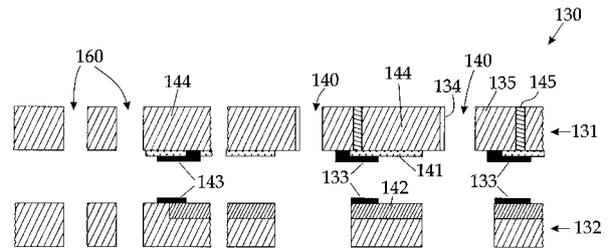


Fig. 13

【 図 1 4 】

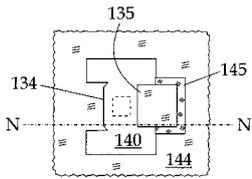


Fig. 14

【 図 1 5 . 3 】

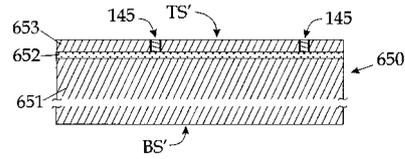


Fig. 15.3

【 図 1 5 . 1 】

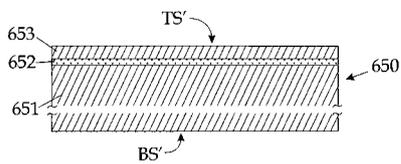


Fig. 15.1

【 図 1 5 . 3 a 】

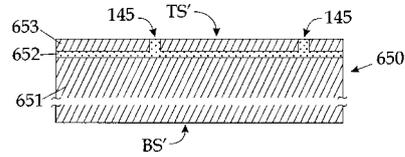


Fig. 15.3a

【 図 1 5 . 2 】

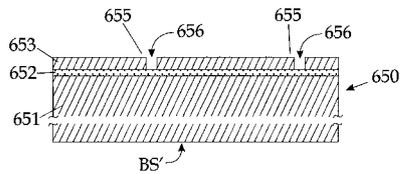


Fig. 15.2

【 図 1 5 . 4 】

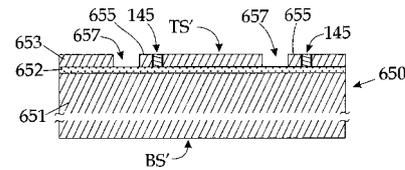


Fig. 15.4

【 図 1 5 . 5 】

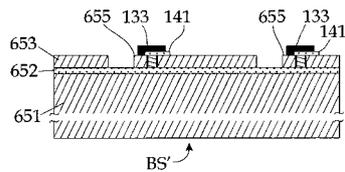


Fig. 15.5

【 図 1 6 】

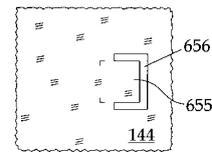


Fig. 16

【 図 1 5 . 6 】

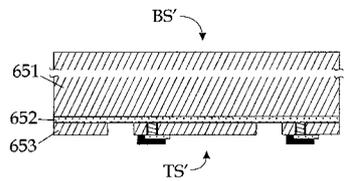


Fig. 15.6

【 図 1 7 】

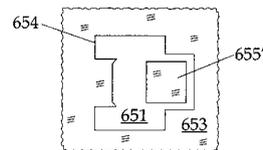


Fig. 17

【 図 1 5 . 7 】

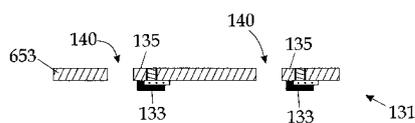


Fig. 15.7

フロントページの続き

- (74)代理人 100111235
弁理士 原 裕子
- (72)発明者 エルマー ブラッツグマー
オーストリア国 1090 ウィーン ヴァーサガッセ 31/9
- (72)発明者 ハンス レシュナー
オーストリア国 1190 ウィーン ベガガッセ 6
- (72)発明者 サミュエル パッシーナ
オーストリア国 1140 ウィーン ヴォルファーズベルクガッセ 10ベール/3
- (72)発明者 ラインハルト シュプリンガー
ドイツ国 72172 シュルツ アム ネッカール プールシュトラッセ 19
- (72)発明者 マティアス イルムシャー
ドイツ国 71272 レンニンゲン フレーベルシュトラッセ 50
- (72)発明者 フローリアン レツクス
ドイツ国 72070 テュービンゲン シュワルツレッヒャー シュトラッセ 58
- (72)発明者 イェルク ブッシュケ
ドイツ国 70327 シュトユットガルト ザーラヒャー シュトラッセ 23

審査官 佐藤 仁美

- (56)参考文献 特開平07-297095(JP,A)
特開平10-064780(JP,A)
特開平03-296211(JP,A)
特開2004-282038(JP,A)
特開2006-049702(JP,A)
特開2003-202661(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24、 9/00 - 9/02、
H01J 37/00 - 37/02、37/05、37/09 - 37/18、
37/21、37/24 - 37/244、
37/252 - 37/36、
H01L 21/027