

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4648087号
(P4648087)

(45) 発行日 平成23年3月9日(2011.3.9)

(24) 登録日 平成22年12月17日(2010.12.17)

(51) Int. Cl.		F I			
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30	5 4 1 B
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20	5 0 4
HO 1 J	9/14	(2006.01)	HO 1 J	9/14	A
HO 1 J	37/147	(2006.01)	HO 1 J	37/147	C

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2005-153087 (P2005-153087)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成17年5月25日(2005.5.25)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2006-332289 (P2006-332289A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成18年12月7日(2006.12.7)	(73) 特許権者	501387839
審査請求日	平成20年5月20日(2008.5.20)		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
(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)		(74) 代理人	100076428
			弁理士 大塚 康徳
		(74) 代理人	100112508
			弁理士 高柳 司郎
		(74) 代理人	100115071
			弁理士 大塚 康弘
		(74) 代理人	100116894
			弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏向器の作製方法、荷電粒子線露光装置、および、デバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の荷電粒子線を偏向する偏向器の作製方法において、
第一の基板に、複数の配線、第一アライメントマーク、複数の補強バンプ、複数のストッパーバンプ、及び、前記複数の配線にそれぞれ連結された複数の電極バンプを設け、
第二の基板に、第二アライメントマーク、複数の補強パッド、複数のストッパーパッド、前記荷電粒子線を偏向するための複数の偏向電極、及び、前記複数の偏向電極にそれぞれ連結された複数の電極パッドを設け、
前記複数の電極バンプの高さおよび前記複数の補強バンプの高さより低い所定の高さを有し、かつ、前記複数の電極バンプそれぞれのアスペクト比および前記複数の補強バンプそれぞれのアスペクト比よりそれぞれ小さいアスペクト比を有するように、荷重を加えて前記複数のストッパーバンプを変形させ、
前記第一の基板と前記第二の基板とを前記第一アライメントマークと前記第二アライメントマークとを用いて整合させ、
前記ストッパーバンプおよび前記ストッパーパッドが互いに接触するまで前記第一の基板および前記第二の基板を互いに押し付けて、前記電極バンプおよび前記電極パッド、ならびに、前記補強バンプおよび前記補強パッドをそれぞれ常温接合する、
 ことを特徴とする作製方法。

【請求項2】

前記整合の前に、前記第一の基板および前記第二の基板それぞれの接合面の清浄化をイ

オンまたは中性粒子による衝撃で行う、ことを特徴とする請求項 1 に記載の作製方法。

【請求項 3】

前記第一の基板に、前記複数の電極バンプ、前記複数の補強バンプ、および、前記複数のストッパーバンプを、それらが同一の高さを有するように同一の工程で形成した後に、荷重を加えることによる前記複数のストッパーバンプの前記変形がなされる、ことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の作製方法。

【請求項 4】

前記複数の電極バンプ、前記複数の補強バンプ、および、前記複数のストッパーバンプは、Au、Cu、Al、InまたはSnで形成される、ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 3 のいずれか 1 項に記載の作製方法。

10

【請求項 5】

請求項 1 ないし請求項 4 のいずれか 1 項に記載の作製方法により作製された偏向器を備える、ことを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の荷電粒子線露光装置を用いて露光対象に露光を行う工程と、前記工程で露光された前記露光対象を現像する工程と、を有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、主に半導体集積回路等の露光に用いられる電子ビーム露光装置、イオンビーム露光装置等の荷電粒子線露光装置に関するものである。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用いる偏向器、及び偏向器作製方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスの生産において、電子ビーム露光技術は、 $0.1\mu\text{m}$ 以下の微細パターン露光を可能とするリソグラフィの有力候補として脚光を浴びており、いくつかの方式がある。例えば、いわゆる一筆書きでパターンを描画する可変矩形ビーム方式がある。しかしこれはスループットが低く量産用露光機としては課題が多い。スループットの向上を図るものとして、ステンシルマスクに形成したパターンを縮小転写する図形一括露光方式が提案されている。この方式は、繰り返しの多い単純パターンには有利であるが、ロジック配線層等のランダムパターンではスループットの点で課題が多く、実用化に際して生産性向上の妨げが大きい。

30

【0003】

これに対して、マスクを用いずに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おり、物理的なマスク作製や交換をなくし、実用化に向けて多くの利点を備えている。

【0004】

複数の電子ビームを用いてパターン描画を行うマルチ電子ビーム露光装置を開示する文献の例として、“安田 洋：応用物理 69、1135(1994)”がある。図9はそのマルチ電子ビーム露光装置に用いられるブランキングアパーチャアレイの断面図である。このブランキングアパーチャアレイは、開口及び偏向器をアレイ状に配列したものであり、複数の電子ビームの照射を個別に制御することができる。ここで、図中、51が開口、52、53が第一及び第二のブランキング電極をそれぞれ示している。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、第一及び第二のブランキング電極52、53に接地電位の信号を印加し、遮断する時には、第一及び第二のブランキング電極に正負の電位の信号を同時に印加する。

40

【0005】

従来の技術では、電子ビームに電界を加えて電子ビームを偏向する偏向器及びその製造

50

方法について開示する文献として、特開平11-40093号公報(特許文献1)及び特開2001-307990号公報(特許文献2)がある。前記特許文献1に記載の偏向器は、複数の基板を絶縁体を介して貼りあわせてなり、電子ビームを通過するためのビーム通過孔に対して平行に開口され、複数の基板に所定の電圧を印加することによりビーム通過孔を通過する電子ビームを偏向している。

【0006】

前記特許文献2に記載の偏向器は、同一基板上に偏向電極、接地電極、偏向パッド、接地電極パッド及びアパーチャ(電子の通過する開口部)を有し、さらに偏向電極パッド及び接地電極パッドを偏向電極及び接地電極より短く形成し、偏向電極と電氣的に連結している偏向電極パッドに電圧を印加することにより、アパーチャーを通過する電子ビームを偏向している。

10

【特許文献1】特開平11-40093号公報

【特許文献2】特開2001-307990号公報

【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】

【0007】

上述した特許文献1に開示している電子ビーム偏向器の製造方法は、偏向電極及び電子ビーム通過口を長くとることが容易であり、このため電子ビームを十分に偏向させることができる利点があるが、しかしながら、マルチの電子ビームを偏向するための偏向器を作製することは困難である。

20

【0008】

さらに、上述した特許文献2に開示している電子偏向器をアレイ化したデバイス製造方法は、電子ビームの通過口、偏向電極、接地電極、偏向電極パッド、接地電極パッド及び偏向電極と接地電極に電氣的に結合している配線層を同一基板上に作製しているため、複雑なプロセスを伴うことからマルチの電子ビームを個々独立に偏向させるための全素子を形成することは困難である。

【0009】

本発明は、偏向器の作製の容易さの点で有利な偏向器の作製方法を提供することを一つの目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の第1の側面は、複数の荷電粒子線を偏向する偏向器の作製方法に係り、前記作製方法は、第一の基板に、複数の配線、第一アライメントマーク、複数の補強バンプ、複数のストッパーバンプ、及び、前記複数の配線にそれぞれ連結された複数の電極バンプを設け、第二の基板に、第二アライメントマーク、複数の補強パッド、複数のストッパーパッド、前記荷電粒子線を偏向するための複数の偏向電極、及び、前記複数の偏向電極にそれぞれ連結された複数の電極パッドを設け、前記複数の電極バンプの高さおよび前記複数の補強バンプの高さより低い所定の高さを有し、かつ、前記複数の電極バンプそれぞれのアスペクト比および前記複数の補強バンプそれぞれのアスペクト比よりそれぞれ小さいア

40

スペクト比を有するように、荷重を加えて前記複数のストッパーバンプを変形させ、前記第一の基板と第二の基板とを前記第一アライメントマークと前記第二アライメントマークとを用いて整合させ、前記ストッパーバンプおよび前記ストッパーパッドが互いに接触するまで前記第一の基板および第二の基板を互いに押し付けて、前記電極バンプおよび前記電極パッド、ならびに、前記補強バンプおよび前記補強パッドをそれぞれ常温接合する。

本発明の第2の側面は、荷電粒子線露光装置に係り、前記荷電粒子線露光装置は、前記作製方法により作製された偏向器を備える。

本発明の第3の側面は、デバイス製造方法に係り、前記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に露光を行う工程と、前記工程で露光された前記露光対象を現像する工程とを有する。

50

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、偏向器の作製の容易さの点で有利な偏向器の作製方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

本発明に係る偏向器の好ましい形態は、第一の基板である配線基板に荷電ビームの通過する複数の貫通孔、電気的接合用の電極バンプ、該電極バンプと電気的に連結している配線、該配線の終端で電気的に連結している外部制御電極、電気的に絶縁されている接合強度補強用の補強バンプ及びアライメントマークを設け、第二の基板である電極基板に荷電ビームの通過する複数の貫通孔、該貫通孔を通過する荷電ビームの軌道を偏向制御するために該各貫通孔の両側壁の相対向した位置に第一の偏向電極及び第二の偏向電極から成る電極対を有する偏向電極、該偏向電極と電気的に連結した電極パッド、電気的に絶縁されている接合強度補強用の補強パッド及びアライメントマークを設け、前記第一の基板と前記第二の基板の両基板表面を清浄化し、該清浄化後、前記両基板を相対向して前記アライメントマークを用いて整合し、前記両基板の両側から荷重を印加させ、該荷重印加によって前記電極バンプと前記電極パッド、及び前記補強バンプと前記補強パッドをそれぞれ常温接合させて前記両基板を一体化したことを特徴とする。

10

【0019】

本発明に係る偏向器の他の好ましい形態は、第一の基板基板に荷電ビームの通過する複数の貫通孔、電気的接合用の電極バンプ、該電極バンプと電気的に連結している配線、該配線の終端で電気的に連結している外部制御電極、電気的に絶縁されている接合強度補強用の補強バンプ、接合時ストッパーとして作用するストッパーバンプ及びアライメントマークを設け、第二の基板に荷電ビームの通過する複数の貫通孔、該貫通孔を通過する荷電ビームの軌道を偏向制御するために該各貫通孔の両側壁の相対向した位置に第一の偏向電極及び第二の偏向電極から成る電極対を有する偏向電極、該偏向電極と電気的に連結した電極パッド、電気的に絶縁されている接合強度補強用の補強パッド、接合時に該ストッパーバンプと当接するストッパーパッド及びアライメントマークを設け、前記第一の基板と前記第二の基板の両基板表面を清浄化し、該清浄化後、前記両基板を相対向して前記アライメントマークを用いて整合し、前記ストッパーバンプと前記ストッパーパッドが互いに接触し当接するまで前記両基板の両側から荷重を印加して行き、該荷重印加によって前記電極バンプと前記電極パッドを及び前記補強バンプと補強パッドを常温接合させることによって前記両基板を一体化したことを特徴とする。

20

30

【0020】

前記補強バンプの1個当たりの平面における面積は、前記電極バンプの1個当たりの平面における面積に対して同等以上の大きさであり、好ましくは $100[\mu\text{m}^2]$ 以上、 $1[\text{mm}^2]$ 以下で前記両基板を一体化させる。

【0021】

前記ストッパーバンプの1個当たりの平面における面積は、前記電極バンプ及び前記補強バンプの1個当たりの平面における面積よりも大きく、好ましくは、平面におけるストッパーバンプの総面積は、平面における前記電極バンプ及び前記補強バンプの総面積の和の20%以上で前記両基板を一体化させる。前記ストッパーバンプの高さは、前記電極バンプの高さ及び前記補強バンプの高さより低いことが好ましい。

40

【0022】

前記バンプ及び前記パッドは、塑性変形能を有する金属材料からなり、好ましくは面心立方晶を有する金属材料であり、Au、CuまたはAlであることを特徴とする。

【0023】

前記バンプ及び前記パッドは、塑性変形能を有する金属材料からなり、好ましくは低融点を有する金属材料であり、InまたはSnであることを特徴とする。

【0024】

50

本発明に係る偏向器作製方法の好ましい形態は、第一の基板である配線基板に荷電ビームの通過する複数の貫通孔、電気的接合用の電極パンプ、該電極パンプと電気的に連結している配線、該配線の終端で電気的に連結している外部制御電極、電気的に絶縁されている接合強度補強用の補強パンプ、接合時ストッパーとして作用するストッパーパンプ及びアライメントマークを設け、第二の基板である電極基板に荷電ビームの通過する複数の貫通孔、該貫通孔を通過する荷電ビームの軌道を偏向制御するために該各貫通孔の両側壁の相対向した位置に第一の偏向電極及び第二の偏向電極から成る電極対を有する偏向電極、該偏向電極と電気的に連結した電極パッド、電気的に絶縁されている接合強度補強用の補強パッド、接合時に前記ストッパーパンプと当接するストッパーパッド及びアライメントマークを設け、前記配線基板と前記電極基板の両基板表面を清浄化し、該清浄化後、前記両基板を相対向して前記アライメントマークを用いて整合し、前記ストッパーパンプと前記ストッパーパッドが互いに接触し当接するまで前記両基板の両側から荷重を印加して行き、該荷重印加によって前記電極パンプと前記電極パッド及び前記補強パンプと補強パッドを常温接合させることによって前記両基板を一体化させる。

10

【0025】

前記ストッパーパンプは、前記常温接合前にパンプ潰しによって、予め所定の高さまで高さ調整する。また、前記清浄化はイオンあるいは中性化したイオン（中性粒子）による衝撃で行うことができる。

【実施例1】

【0026】

図1、図2、図3及び図4は本発明の特徴を良く表す図である。これらの図において、1は第一のSi基板（配線基板）であり、2は第一のSi基板1に形成した絶縁体からなるSi酸化膜であり、3は第一のSi基板1に貫通孔明けによって形成した電子線通過口である。4は電子線通過口3の内壁に帯電防止のために形成した導電体からなるシールド電極であり、5は第一のSi基板に形成したAuからなる電極パンプである。6は個々の電極パンプ5と一対一に各々独立に電気的結合しており、第一のSi基板に形成した多層配線回路である。7は電極パンプ5の周囲に配置したAuからなる補強パンプであり、9、18は第一のSi基板と第二のSi基板を常温接合する時、基板同士を整合するためのアライメントマークである。

20

【0027】

11は第二のSi基板（電極基板）であり、12は第二のSi基板11の両表面に形成した絶縁体からなるSi酸化膜であり、13は第二のSi基板に貫通孔明けによって形成した電子線通過口である。14は電子線通過口13の両側壁に各々独立に設け、電子線を偏向させるための電極対を有する偏向電極であり、15は個々の偏向電極14と各々独立に電気的に結合しているAuからなる電極パッドである。16は両Si基板1、11を接合する際に、接合強度をさらに補強するためのAuからなる補強パッドであり、19は両Si基板1、11を常温接合する時、該両Si基板の両側から印加する印加荷重である。

30

【0028】

上記構成において、第一のSi基板1は、一方の面に絶縁体であるSi酸化膜2をスパッター成膜により形成し、さらに該Si酸化膜2上に半導体プロセスを用いて3層から成るAl配線を有する多層配線回路6（各層のAl配線は、Si酸化膜2によってそれぞれ電気的に絶縁されている）を形成し、該多層配線回路6上にスルーホールを形成し、該スルーホールを通して電気的に結合させるための電極パンプ5をAuメッキによって形成した。各々の該電極パンプ5は、多層配線回路6を介して各々の外部制御電極10と一対一に電気的に連結している。すなわち電極パンプ5と外部制御電極10は、各々独立に多層配線回路6（電極パンプ5の個数と、同数の多層配線回路6が必要であるが、図2においては2本の配線のみを図示し、残りの配線については図示を省略している）を通して電気的に結合している。さらに、Auからなる補強パンプ7は、Si基板1の電極パンプ5の周辺位置にAuメッキによって形成した。上記の外部制御電極10は、多層配線回路6の終端の直上に形成したスルーホールを通して該多層配線回路6と電気的に結合しており、

40

50

Auメッキによって作製した。

【0029】

そして、アライメントマーク9は、外周位置にAu薄膜成膜によって形成した。上記電極バンプ5、補強バンプ7及び外部制御電極10は、フォトレジスト工程とAuメッキ工程によって同時に形成した。従って、上記Auメッキ工程においては、上記電極バンプ5、補強バンプ7及び外部制御電極10の各バンプ高さは同一であり、約15 μm であった。この後、第一のSi基板1は、裏面を研磨により薄片化し、200 μm の厚さとした。さらに、200 μm の厚さに加工した第一のSi基板1には、フォトレジスト工程及びICPRIEエッチング手法を用い電子線通過口3となる貫通孔を形成した。電子線通過口3は、60 μm ×30 μm の矩形であり、32×32のマトリックス状に配列(図2においては模式的に6×6マトリックス状に図示している)されている。そして、この後、電子線通過口3の内壁に帯電防止のために導電体Auからなるシールド電極4を形成した。上記工程を経た第一のSi基板1は、薄片化研磨によって片面にのみSi酸化膜2を有することを余儀なくされたため、Si酸化膜2を有する面を凸状にして湾曲している。すなわち、残留応力が発生している状態にある。

10

【0030】

一方、第二のSi基板11は、両面に絶縁体であるSi酸化膜12を形成し、フォトレジスト工程及びICPRIEエッチング工程を用いて偏向電極14の作製個所に、先ず貫通孔(図示なし)を形成し、該貫通孔にCuメッキ工程によって導電体であるCuを充填することにより、電極対を有する偏向電極14を形成した。この後さらにフォトレジスト工程及びICPRIEエッチング工程を用いて電子線通過口13となる貫通孔を形成した。ここで、該電子線通過口13は50 μm ×30 μm の矩形であり、32×32のマトリックス状に配列して作製されている。上記工程において、電子線通過口13の両側壁に偏向電極14を形成した。そして、フォトレジスト工程及び成膜工程を用いて偏向電極14の近傍位置に個々の偏向電極14とそれぞれ一対一に電気的に連結した電極パッド15を、該電極パッド15の周辺位置に補強パッド16を、及びアライメントマーク18をAu薄膜成膜でそれぞれ形成した。

20

【0031】

上記工程を経た第一のSi基板1と第二のSi基板11は、減圧Ar雰囲気中に導入し、Arイオンスパッターリングでそれぞれ両接合面の洗浄を行い、この後大気中で該両Si基板を相対向させ、それぞれのアライメントマーク9及び18を用いてSi基板1及びSi基板11を整合して、すなわち電極バンプ5と電極パッド15及び補強バンプ7と補強パッド16が互いに相対向して重畳するように整合し、この整合状態で、図4に見るように印加荷重19を該両Si基板1, 11に印加し、第一のSi基板1と第二のSi基板11を室温で常温接合した。

30

【0032】

本実施例において、電極バンプ5及び補強バンプ7は、いずれも同一形状であり、19 μm 直径であって、高さが15 μm ある。これらのバンプは一括のAuメッキで形成したものである。好ましくは、補強バンプの1個当たりの平面における面積は電極バンプの1個当たりの平面における面積に比較して同等以上であり、100[μm^2]以上1[mm^2]以下であることが望ましい。尚、電極バンプ5は配線上にメッキで形成するため、どうしても該バンプの下部個所に狭窄部を生ずる。このため、強度的に考えた場合、6 μm 角よりも小さい電極バンプを形成できない。従って、好ましくは該電極バンプ5の平面での面積は36[μm^2](6 μm 角)以上、2500[μm^2](50 μm 角)以下が望ましい。

40

【0033】

第一のSi基板1は、上記したように片面研磨によってSi酸化膜を除去したため、残留応力により湾曲変形している。このため、湾曲変形していない第二のSi基板11と湾曲変形している第一のSi基板1を常温接合した後、該湾曲変形の復元力によって接合個所の剥離が懸念されたが、剥離することなく該接合部での電極バンプ5と電極パッド15

50

、及び補強バンプ7と補強パッド16はそれぞれ強固に接合した。

【0034】

本実施例において、第一のSi基板1及び第二のSi基板11に設けたそれぞれ電子線通過口3及び13は、 $32 \times 32 (= 1024)$ 個の正方マトリックス状に配置されている。第二のSi基板11の電子線通過口13を通過する電子線を偏向させるための偏向電極14は該電子線通過口13の両側壁に2048個、該偏向電極14の近傍に該偏向電極14と電氣的に連結した電極パッド15は該偏向電極14と同数の2048個、電極パッド15の周辺に配置した強度補強用の補強パッド16は380個それぞれ設けられており、そして第一のSi基板1の電極バンプ5は第二のSi基板11の該電極パッド15と同数の2048個、及び補強バンプ7は該補強パッド16と同数の380個それぞれ配置されている。そして両Si基板の両側から上記手法によって50[kg]の印加荷重を加えることによって、それぞれ電極バンプ5と電極パッド15及び補強バンプ7と補強パッド16間を接合した。接合後の該バンプと該パッドの接合応力は約130[Mpa]であり、強固に接合した。尚、この接合応力は上記の一組のバンプとパッド間の最大剥離応力32[Mpa]（最大剥離応力をシミュレーションによって求めた）よりも大きい値であった。すなわち、上記の接合方法によって、電極バンプ5と電極パッド15間の接合部は剥離することなく強固に接合した。

10

【0035】

上記接合過程を経て、第一のSi基板1である配線基板と第二のSi基板11である電極基板を一体化して作製した偏向器は、真空装置内に設けた測定装置に取り付け、電子線（図示なし）を電子線通過口3, 13に導き、任意の電子線通過口13の両壁の偏向電極14に同電圧（零電圧）を外部制御電極10から印加した時、該電子線は蛍光板（図示なし）の中央部上で蛍光（図示なし）を発した。そして該両側壁の偏向電極14にそれぞれ-5[V]及び+5[V]になるように外部制御電極10から電圧を印加した時、電子線通過口3, 13を通過した電子線は、+5[V]を印加した偏向電極側に大きく偏向し、蛍光板（図示なし）の隅部で蛍光を発したことが確認された。さらに、該電子線通過口13を通過する電子線の偏向を上記方法と同様にして調べたところ、全ての電子線通過口13で上記と同様な電子線の偏向が観察された。すなわちマルチの偏向器としての機能を果たすことが確認された。

20

【0036】

本実施例の場合、電子線を用いて偏向を確認したが、電荷を有する荷電ビームであっても良く、何ら本発明の意図するところには変わりはない。

30

【実施例2】

【0037】

図5、図6、図7及び図8は本発明の特徴を良く表す図である。これらの図において、1は第一のSi基板であり、2は第一のSi基板1に形成した絶縁体からなるSi酸化膜であり、3は第一のSi基板1に貫通孔明けによって形成した電子線通過口である。4は電子線通過口3の内壁に帯電防止のために形成した導電体からなるシールド電極であり、5は第一のSi基板に形成したAuからなる電極バンプである。6は個々の電極バンプ5と一対一に各々独立に電氣的結合しており、第一のSi基板に形成した多層配線回路であり、7は電極バンプ5の周囲に配置したAuからなる補強バンプである。8は第一のSi基板1と第二のSi基板11を常温接合した時にストッパーとしての機能を有するストッパーバンプであり、9, 18は第一のSi基板1と第二のSi基板11を常温接合する時、基板同士を整合するためのアライメントマークである。11は第二のSi基板であり、12は第二のSi基板11の両表面に形成した絶縁体からなるSi酸化膜であり、13は第二のSi基板11に貫通孔明けによって形成した電子線通過口である。14は電子線通過口13の両側壁に各々独立に設け、電子線を偏向させるための偏向電極であり、15は個々の偏向電極14と各々独立に電氣的に結合しているAuからなる電極パッドである。16は両Si基板1, 11を接合する際に、接合強度をさらに補強するためのAuからなる補強パッドであり、17は第一のSi基板1と第二のSi基板11を常温接合した時に

40

50

ストッパーバンプ8と接触し、当接するAuからなるストッパーパッドである。19は両Si基板1, 11を常温接合する時、該両Si基板の両側から印加する印加荷重である。

【0038】

上記構成において、第一のSi基板1の両面に絶縁体であるSi酸化膜2をスパッタ成膜により形成し、さらに該Si酸化膜2上に半導体プロセスを用いて3層から成るAl配線を有する多層配線回路6(各層のAl配線は、Si酸化膜2によってそれぞれ電氣的に絶縁されている)を形成し、該多層配線回路6上にスルーホールを形成し、該スルーホールを通して電氣的に結合させるための電極バンプ5をAuメッキによってそれぞれ形成した。各々の該電極バンプ5は多層配線回路6を介して各々の外部制御電極10と一対一に電氣的に連結している。すなわち各々独立に多層配線回路6(電極バンプ5の個数と、同数の多層配線回路6が必要であるが、図6においては2本の配線のみを図示し、残りの配線については図示を省略してある)を通して電氣的に結合している。

10

【0039】

さらに、第一のSi基板1は、電極バンプ5の周辺位置にAuからなる補強バンプ7及びストッパーバンプ8をAuメッキによってそれぞれ形成した。上記の外部制御電極10は、多層配線回路6の終端の直上に形成したスルーホールを通して該多層配線回路6と電氣的に結合しており、Auメッキによって作製した。そして外周位置にアライメントマーク9をAu薄膜成膜によって形成した。上記電極バンプ5、補強バンプ7及び外部制御電極10はフォトレジスト工程とAuメッキ工程によって同時に形成した。従って、上記Auメッキ工程においては、上記電極バンプ5、補強バンプ7、ストッパーバンプ8及び外部制御電極10の各バンプ高さは同一であり、約15µmであった。この後、第一のSi基板1は、裏面を研磨により薄片化し、200µmの厚さとした。さらに、200µmの厚さに加工した第一のSi基板1には、フォトレジスト工程及びICPRIEエッチング手法を用い電子線通過口3となる貫通孔を形成した。電子線通過口3は60µm×30µmの矩形であり、32×32のマトリックス状に配列(図6においては模式的に6×6のマトリックス状に図示している)されている。そして、この後、電子線通過口3の内壁に帯電防止のために導電体Auからなるシールド電極4を無電解メッキで形成した。上記工程を経た第一のSi基板1は薄片化研磨によって片面にのみSi酸化膜2を有することを余儀なくされたため、Si酸化膜2を有する面を凸状にして湾曲している。すなわち、残留応力が発生している状態である。

20

30

【0040】

一方、第二のSi基板11は、両面に絶縁体からなるSi酸化膜12を形成し、フォトレジスト工程及びICPRIEエッチング工程を用いて偏向電極14の作製個所に先ず貫通孔(図示なし)を形成し、該貫通孔にCuメッキ工程によって導電体であるCuを充填することにより電極対を有する偏向電極14を形成した。この後さらにフォトレジスト工程及びICPRIEエッチング工程を用いて電子線通過口13となる貫通孔を形成した。ここで、該電子線貫通口13は、50µm×30µmの矩形であり、32×32のマトリックス状に配列して作製されている。上記工程において、電子線通過口13の両壁に偏向電極14を形成した。そして、フォトレジスト工程及び成膜工程を用いて偏向電極14の近傍位置に個々の偏向電極14とそれぞれ一対一に電氣的に連結した電極パッド15を形成し、該電極パッド15の周辺位置には、補強パッド16、ストッパーパッド17、及びアライメントマーク18をAu薄膜成膜でそれぞれ形成した。

40

【0041】

次に、予め第一のSi基板1のストッパーバンプ8を、該ストッパーバンプ8に当接した押圧板(図示なし)を介して荷重(図示なし)を印加し、該荷重印加によって約8µmの高さまで塑性変形させた。上記手法で予め塑性変形したバンプはストッパーバンプ8として用いた。該塑性変形によってストッパーバンプ8の硬度は、当初のピッカース硬度45から、ピッカース硬度80まで急激に硬化した。該硬化によって該ストッパーバンプ8は、塑性変形を生じにくくなり、ストッパーとして好適になった。ストッパーバンプ8は、電極バンプ5を所望の高さに変形させるためのものであり、行き過ぎた該変形を抑制す

50

るためのものである。従って、印加荷重 19 を加えた時、ストッパバンプ 8 に作用する応力を電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 に作用する応力に比較して小さくする必要がある。従って、ストッパバンプ 8 の平面における面積は、電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 の平面における面積よりも大きいことが必要になる。ストッパバンプ 8 の平面における面積を大きくすることにより、該ストッパバンプ 8 に作用する印加応力は小さくなる。従って、常温接合時、該ストッパバンプ 8 は小さな変形量で変形し、ストッパとしての機能を果たすことになる。好ましくは、平面におけるストッパバンプ 8 の総面積は、電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 の総面積の 20% 以上が望ましい（発明者等の実験において、電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 の面積がそれぞれ $0.739 [\text{mm}^2]$ 、 $0.134 [\text{mm}^2]$ であり、一方のストッパバンプ 8 の面積が $0.216 [\text{mm}^2]$ であった場合、すなわちストッパバンプ 8 の総面積が電極バンプ 5 と補強バンプ 7 のそれぞれの総面積の和の 20% 以上の場合、何れのバンプ及びパッド間においても強固に接合していた）。

【0042】

上記工程を経た第一の Si 基板 1 と第二の Si 基板 11 は、減圧 Ar 雰囲気中に導入し、Ar イオンスパッターリングでそれぞれ両接合面の洗浄を行い、この後大気中で該両 Si 基板を相対向してそれぞれのアライメントマーク 9 及び 18 を用いて第一の Si 基板 1 及び第二の Si 基板 11 を整合して、すなわち電極バンプ 5 と電極パッド 15 及び補強バンプ 7 と補強パッド 16 が互いに相対向して重畳するように整合し、この整合状態で、図 8 に見るように印加荷重 19 を該両 Si 基板 1, 11 に印加し、第一の Si 基板 1 と第二の Si 基板 11 を室温で常温接合した。該常温接合の際、該両 Si 基板の両側から印加荷重 19 を加え、次第に印加荷重 19 を増加して行った場合、最初に電極バンプ 5 と電極パッド 15、及び補強バンプ 7 と補強パッド 16 が接触し、次第に塑性変形して行く。そして、ストッパバンプ 8 とストッパパッド 17 が接触し、当接した時、これらの該バンプ及び該パッド間に作用する圧縮応力は急激に小さくなり、このため該塑性変形は極めて小さくなる。この時点で印加荷重を除去する。上記の方法で印加荷重を作用することによってストッパバンプ 8 の高さと同等の高さまで電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 を塑性変形することが出来た。このため、該電極バンプ 5 の過度な塑性変形による（すなわち潰れ過ぎによる）隣接した電極パッド 15 との電氣的干渉、すなわち電氣的短絡をなくすことができた。従って、予めストッパバンプ 8 の高さを上記手法によって任意の所定の高さに設定することによって、電極バンプ 5 の過度な塑性変形を防止でき、隣接する電極バンプ 5 間の電氣的な短絡を防止することが出来る。ストッパバンプ 8 のアスペクト比（アスペクト比；バンプの高さ/バンプの直径）が電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 よりも小さい場合、ストッパバンプとしての機能を好適に果たすことができる。発明者の実験によれば、同等な応力でバンプを押し付けた場合、バンプの塑性変形能は、該アスペクト比が小さくなるに従って小さくなる。この現象を利用することによって上記手法でストッパバンプとしての機能を付与することができた。

【0043】

本実施例において、電極バンプ 5 及び補強バンプ 7 は、いずれも同一形状であり、 $19 \mu\text{m}$ 直径であって、高さが $15 \mu\text{m}$ であり、金属材料の Au からなっている。（尚、電極バンプ 5、補強バンプ 7 及びストッパバンプ 8 は同一工程で一括の Au メッキによって形成したものである。）一方、ストッパバンプ 8 は $120 \mu\text{m}$ 角であり、高さは上記塑性変形工程で $7 \mu\text{m}$ 減少したため、 $8 \mu\text{m}$ になった。

【0044】

第一の Si 基板 1 は、上記した理由から、すなわち片面研磨によって Si 酸化膜を除去したため、内部応力により湾曲変形している。このため、湾曲変形していない第二の Si 基板 11 と湾曲変形している第一の Si 基板 1 との常温接合後、湾曲変形している第一の Si 基板 1 の復元力によって接合個所の剥離が懸念されたが、剥離することなく電極バンプ 5 と電極パッド 15、及び補強バンプ 7 と補強パッド 16 はそれぞれ強固に接合した。

【0045】

本実施例において、第一の Si 基板 1 及び第二の Si 基板 11 に設けたそれぞれ電子線

10

20

30

40

50

通過口3及び13は 32×32 (= 1024個)の正方マトリックス状に配置されている。第二のSi基板11の該電子線通過口13を通過する電子線を偏向させるための偏向電極14は該電子線通過口13の両側壁に2048個、該偏向電極14の近傍に該偏向電極14と電氣的に連結した電極パッド15は該偏向電極14と同数の2048個、電極パッド15の周辺に配置した強度補強用の補強パッド16は380個、それぞれ配置されており、さらに第一のSi基板1の電極バンプ5は第二のSi基板11の該電極パッド15と同数の2048個、及び補強バンプ7は該補強パッド16と同数の380個それぞれ配置されている。そして両Si基板は、両側から上記手法によって50[kg]の印加荷重19を加えて押し付け合うことによって、それぞれ電極バンプ5と電極パッド15及び補強バンプ7と補強パッド16間を常温接合し一体化した。接合後の該バンプと該パッドの接合応力は約130[Mpa]であり、強固に接合した。尚、この接合応力は上記の一組のバンプとパッド間の最大剥離応力32[Mpa](最大剥離応力をシミュレーションによって求めた)よりも大きい値であった。すなわち、上記の接合方法によって、電極バンプ5と電極パッド15間は剥離することなく強固に接合した。

10

【0046】

本実施例において、電極バンプ5と電極パッド15、補強バンプ7と補強パッド16及びストッパーバンプ8とストッパーパッド17は、その材料として、金属材料であるAuを用いた。

【0047】

尚、本実施例において接合表面をAryオン衝撃で清浄化した但、この他にも例えばAryオンを中性化したイオン、すなわち中性粒子を用いても良い。

20

さらに、両基板間の接合は、室温において常温接合で行ったものであり、接合による熱的な残留応力は発生しなかった。

【0048】

上記接合過程を経て、第一のSi基板1である配線基板と第二のSi基板11である電極基板を一体化して作製した偏向器は、真空装置内に設けた測定装置に取り付け、電子線(図示なし)を電子線通過口3,13に導き、任意の電子線通過口13の両壁の偏向電極14に同電圧(零電圧)を外部制御電極10から印加した。この時、該電子線は蛍光板(図示なし)の中央部上で蛍光(図示なし)を発した。そして該両側壁の偏向電極14にそれぞれ-5[V]及び+5[V]になるように外部制御電極10から電圧を印加した場合、電子線通過口3,13を通過した電子線は、+5[V]を印加した偏向電極側に大きく偏向し、蛍光板(図示なし)の隅部で蛍光を発したことが確認された。さらに、該電子線通過口3,13を通過する電子線の偏向を上記方法と同様にして調べたところ、全ての電子線通過口3,13で上記と同様な電子線の偏向が観察された。すなわちマルチの偏向器としての機能を果たすことが確認された。

30

【0049】

以上説明したように本発明は、第一の基板に電子線通過口、電極バンプ、該電極バンプと電氣的に結合している多層配線回路、接合強度を補強するための補強バンプ、接合時にストッパーとしての役割を担うストッパーバンプ、該多層配線回路と電氣的に結合している外部制御電極及びアライメントマークをそれぞれ形成し、第二の基板に電子線通過口、偏向電極、該偏向電極と電氣的に結合している電極パッド、接合強度を補強するための補強パッド、接合時に該ストッパーバンプと当接するストッパーパッド及びアライメントマークを形成し、この後両基板をアライメントマークを用いて整合し、両基板の両側から荷重印加することによって、それぞれ電極バンプと電極パッド及び補強バンプと補強パッド間で常温接合し、該常温接合により電氣的結合と同時に該両基板間の接合強度を得ることが出来る。このため、第一の基板に主として配線を、第二の基板に主として偏向電極を形成することが可能であるため、高密度なマトリックス状の偏向器を作製することが容易である。

40

【0050】

また、ストッパーとしての機能を有するストッパーバンプ及びストッパーパッドを有し

50

、接合の際の相互押し付け荷重の加え過ぎによる電極バンプの過剰な潰れを回避できるので、隣接した電極への電氣的な短絡を防止することができ、及びバンプの高さのバラツキによる影響を回避できる。さらに、補強バンプと補強パッドの接合によって、予め内部応力を有している基板の基板間電極間接合を剥離することなく可能にする。そして、予めバンプを無機能化処理することによって、接合する必要のないバンプとパッド間の接合を回避することが可能であり、該無機能化したバンプをストッパーバンプとして利用することが可能になる。

【実施例 3】

【0051】

次に、上記実施例に係る露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。図10は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。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（EBデータ変換）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、上記露光制御データが入力された露光装置とウエハを用い、リソグラフィ技術を利用し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）等の組み立て工程を含む。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、ステップ7でこれを出荷する。

上記ステップ4のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜するCVDステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに焼付け露光する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。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を形成する。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の実施例1に係る偏向器における第一の基板と第二の基板を常温接合によって一体化する前の状態を示した断面図である。

【図2】図1のA矢視図である。

【図3】図1のB矢視図である。

【図4】本発明の実施例1に係る偏向器における第一の基板と第二の基板を常温接合によって一体化した状態を示した断面図である。

【図5】本発明の実施例2に係る偏向器における第一の基板と第二の基板を常温接合によって一体化する前の状態を示した断面図である。

【図6】図5のC矢視図である。

【図7】図5のD矢視図である。

【図8】本発明の実施例2に係る偏向器における第一の基板と第二の基板を常温接合によって一体化した状態を示した断面図である

【図9】背景技術の説明図である。

【図10】半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。

【符号の説明】

【0053】

1：第一のSi基板、2：Si酸化膜、3：電子線通過口、4：シールド電極、5：電極バンプ、6：多層配線回路、7：補強バンプ、8：ストッパーバンプ、9：アライメン

10

20

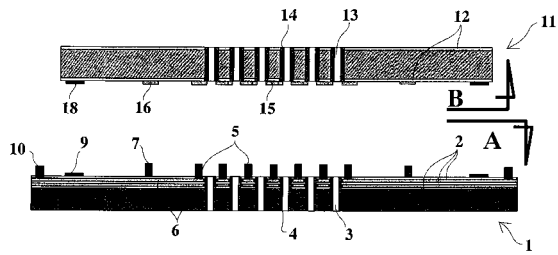
30

40

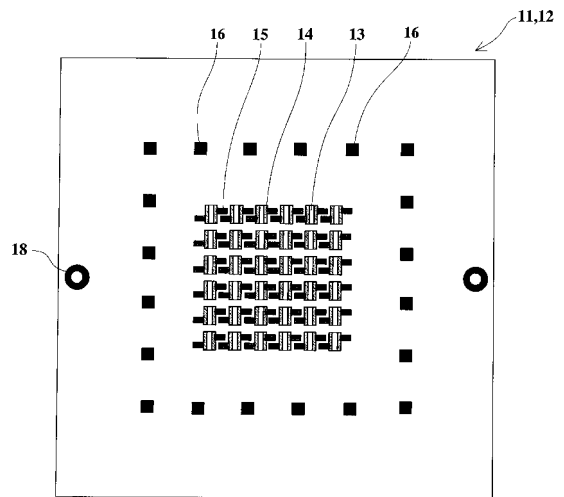
50

トマーク、10：外部制御電極、11：第二のSi基板、12：Si酸化膜、13：電子線通過口、14：偏向電極、15：電極パッド、16：補強パッド、17：ストッパーパッド、18：アライメントマーク、19：印加荷重、51：開口、52：第一のブランキング電極、53：第二のブランキング電極。

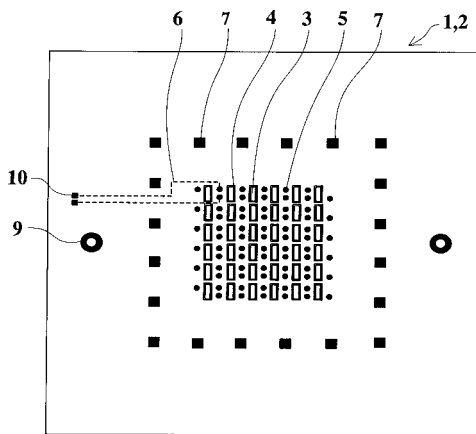
【図1】



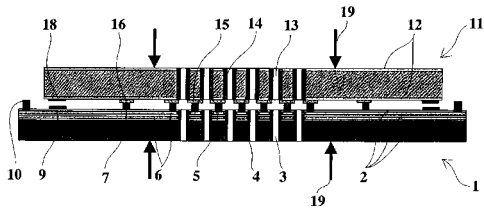
【図3】



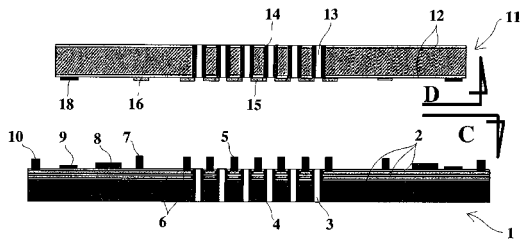
【図2】



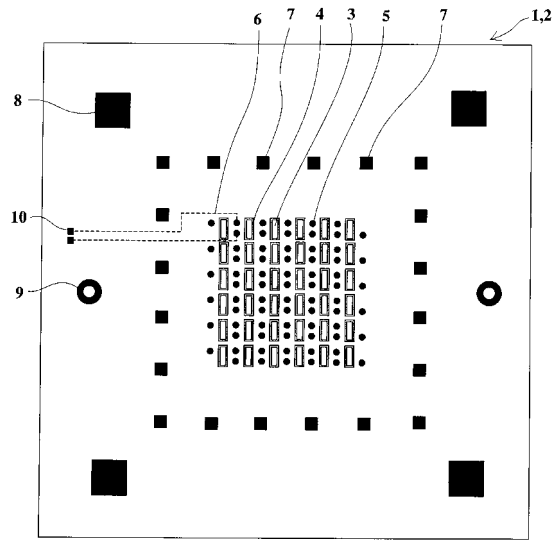
【 図 4 】



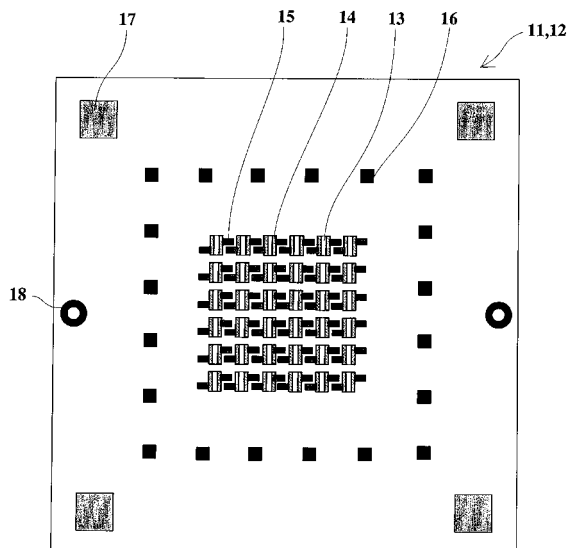
【 図 5 】



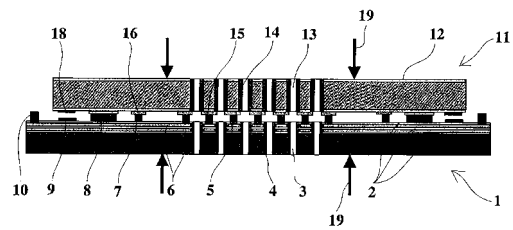
【 図 6 】



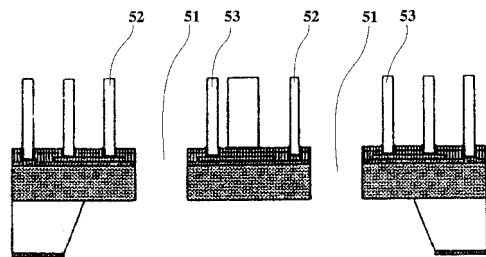
【 図 7 】



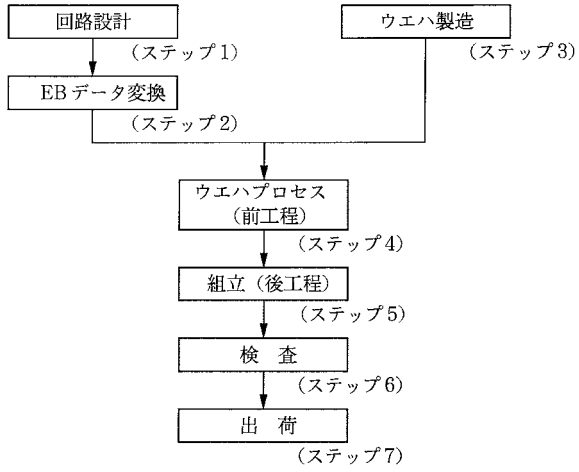
【 図 8 】



【 図 9 】



【図10】



フロントページの続き

- (74)代理人 100130409
弁理士 下山 治
- (74)代理人 100134175
弁理士 永川 行光
- (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 赤池 正剛
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 小野 治人
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 金丸 昌敏
茨城県ひたちなか市堀口832番地2 株式会社日立製作所機械研究所内

審査官 佐野 浩樹

- (56)参考文献 特開2004-282038(JP,A)
特開2001-283755(JP,A)
特開2001-345259(JP,A)
特開2005-129663(JP,A)
特開2003-068797(JP,A)
特開平09-102446(JP,A)
特開2004-165076(JP,A)
特開2001-345261(JP,A)
特開2006-049702(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24 、 9/00 - 9/02 、
H01J 9/00 - 9/18 、 37/00 - 37/02 、
37/05 、 37/09 - 37/18 、 37/21 、
37/24 - 37/244、 37/252 - 37/295、
H01L 21/00 、 21/02 - 21/16 、 21/30 、
H05K 3/00 、 3/46