(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2009-252917
(P2009-252917A)
(43)公開日　平成21年10月29日(2009.10.29)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01L 21/3205	(2006.01)	H01L	21/88	B	5F004
H01L 21/3213	(2006.01)	H01L	21/88	D	5F033
H01L 21/3065	(2006.01)	H01L	21/302	105A	

審査請求 未請求　請求項の数 5　OL　（全 11 頁）

(21)出願番号　特願2008-97818(P2008-97818)
(22)出願日　平成20年4月4日(2008.4.4)

(71)出願人　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100071526
弁理士　平田　忠雄
(74)代理人　100099597
弁理士　角田　賢二
(74)代理人　100124235
弁理士　中村　恵子
(74)代理人　100124246
弁理士　遠藤　和光
(72)発明者　前田　博之
東京都港区芝浦一丁目１番１号　株式会社東芝内

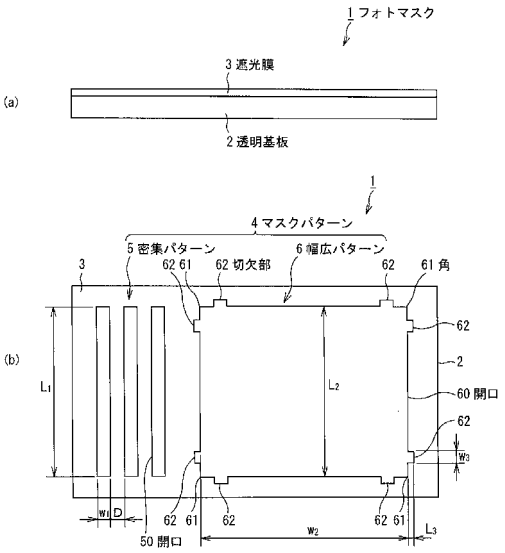
Fターム(参考)　5F004 AA04　DB03　EA32　EB03

最終頁に続く

(54)【発明の名称】半導体装置及びその製造方法

(57)【要約】
【課題】高精度なドライエッチングを行うことができる半導体装置及びその製造方法を提供する。
【解決手段】半導体装置の製造方法は、開口幅が小さい密集した複数の開口からなる密集パターンと、開口幅が前記密集パターンの前記開口幅よりも大きい開口からなる幅広パターンとを有し、前記幅広パターンの開口側の角度が１８０度未満の角近傍に切欠部を設けたレジスト膜を、エッチング対象上に形成する工程と、前記レジスト膜をマスクとして用いて前記エッチング対象に対しドライエッチングを行い、前記レジスト膜の前記密集パターン及び前記幅広パターンを転写する工程とを含む。
【選択図】図１

図１
〔第１の実施の形態〕



【特許請求の範囲】
【請求項１】
開口側の角度が１８０度未満の角近傍に切欠部を設けたパターンを有するレジスト膜を、エッチング対象上に形成する工程と、
前記レジスト膜をマスクとして用いて前記エッチング対象に対しドライエッチングを行って前記レジスト膜の前記パターンを転写する工程とを含む半導体装置の製造方法。
【請求項２】
開口幅が小さい密集した複数の開口からなる密集パターンと、開口幅が前記密集パターンの前記開口幅よりも大きい開口からなる幅広パターンとを有し、前記幅広パターンの開口側の角度が１８０度未満の角近傍に切欠部を設けたレジスト膜を、エッチング対象上に形成する工程と、
前記レジスト膜をマスクとして用いて前記エッチング対象に対しドライエッチングを行って前記レジスト膜の前記密集パターン及び前記幅広パターンを転写する工程とを含む半導体装置の製造方法。
【請求項３】
前記レジスト膜を前記エッチング対象上に形成する工程は、前記開口側の角度が１８０度未満の角近傍に前記切欠部を設けるとともに、前記開口側の角度が１８０度未満の角を成す辺に複数の切欠部を設けたパターンを有する前記レジスト膜を形成する請求項１又は２に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項４】
前記幅広パターンの開口幅は、前記密集パターンの開口幅の３倍以上の寸法を有する請求項２に記載の半導体装置の製造方法。
【請求項５】
凹部と前記凹部の開口側が１８０未満の角近傍に設けられた切欠部とがドライエッチングにより形成されたパターン膜と、
前記凹部及び前記切欠部に埋め込まれた埋め込み材とを備えた半導体装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、半導体装置及びその製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
近年、半導体装置におけるパターンの微細化に伴い、リソグラフィプロセスで生じる寸法変動を、マスクパターンを補正することにより抑制するＯＰＣ（Optical Proximity Correction）技術や、マスクプロセス、リソグラフィプロセス及びエッチングプロセスで生じる寸法変動を、マスクパターンを補正することにより抑制するＰＰＣ（Process Proximity Correction）技術が提案されている（例えば、特許文献１参照）。
【０００３】
上記ＯＰＣ技術は、例えば、パターンを部分的に太めたりあるいは細めたり、又はコーナを強調するようなパターンをコーナに配置することにより、マスクパターンを補正する。上記ＰＰＣ技術は、例えば、周辺のパターンのレイアウトに対応して予め求めておいた補正値を用いてマスクパターンを補正する。
【０００４】
一方、ドライエッチングにより凹部を形成する過程で、凹部の壁面がエッチング生成物によって傾斜面となる現象（ローディング効果）が一般に知られている。
【０００５】
しかし、上記ＯＰＣ技術及び上記ＰＰＣ技術では、凹部の形状の高精度な制御は難しく、さらなる改善が望まれている。
【０００６】
【特許文献１】特開平０９－３１９０６７号公報

【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００７】
本発明の目的は、高精度なドライエッチングを行うことができる半導体装置及びその製造方法を提供することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
本発明の一態様は、上記目的を達成するため、開口側の角度が１８０度未満の角近傍に切欠部を設けたパターンを有するレジスト膜を、エッチング対象上に形成する工程と、前記レジスト膜をマスクとして用いて前記エッチング対象に対しドライエッチングを行って前記レジスト膜の前記パターンを転写する工程とを含む半導体装置の製造方法を提供する。
【０００９】
本発明の他の態様は、上記目的を達成するため、凹部と前記凹部の開口側が１８０未満の角近傍に設けられた切欠部とがドライエッチングにより形成されたパターン膜と、前記凹部及び前記切欠部に埋め込まれた埋め込み材とを備えた半導体装置を提供する。
【発明の効果】
【００１０】
本発明によれば、高精度なドライエッチングを行うことができる。
【発明を実施するための最良の形態】
【００１１】
［第１の実施の形態］
本発明の第１の実施の形態に係る半導体装置の製造方法を、図１～図４を参照して説明する。
【００１２】
（１）フォトマスクの形成
図１は、本発明の第１の実施の形態に係るフォトマスクの概略の構成を示し、（ａ）は正面図、（ｂ）は平面図である。
【００１３】
このフォトマスク１は、図１（ａ）に示すように、石英ガラス等からなる透明基板２と、透明基板２の一方の面に形成されたクロム等の金属からなる遮蔽膜３とを備える。なお、本実施の形態は、これに限定されることなく、例えば、さらに半透明膜を備えた位相シフトマスク等であってもよい。
【００１４】
遮蔽膜３には、図１（ｂ）に示すように、マスクパターン４が形成されており、マスクパターン４は、開口幅W_1が小さく、開口間の距離Ｄが小さい密集した複数の開口５０からなる密集パターン５と、密集パターン５の開口５０の開口幅W_1よりも大きい開口幅W_2を有する開口６０からなる幅広パターン６とを含む。
【００１５】
密集パターン５の開口５０は、例えば、開口幅W_1、長さL_1（$L_1 > W_1$）の線状を有する。具体的な一例としては、$W_1 = 0.55\mu m$、$L_1 = 5.5\mu m$、$D = 0.55\mu m$である。
【００１６】
幅広パターン６の開口６０は、例えば、開口幅W_2、長さL_2の矩形状を有する。具体的な一例としては、$W_2 = 2.2\mu m$、$L_2 = 5.5\mu m$である。
【００１７】
また、幅広パターン６の開口６０は、開口６０側の角度が１８０度未満の四隅の角６１近傍にそれぞれ一対の切欠部６２を設けている。ここで、「角６１近傍」とは、後述する掘れの発生する可能性の高い範囲、例えば、角６１から１μｍまでの辺の部分をいう。一対の切欠部６２は、ドライエッチング工程でエッチング対象へのエッチング種の集中を緩

和する機能を有する。切欠部６２は、例えば、幅W_3、長さL_3のスリット形状を有する。具体的な一例としては、W_3＝０．５５μｍ、L_3＝０．３０μｍである。

【００１８】

幅広パターン６の開口６０の縦横比（長辺の長さ／短辺の長さ）は、用途等に応じて、１～３、好ましくは１～２等の値を採り得る。また、幅広パターン６の開口幅W_2と密集パターン５の開口幅W_1との開口幅比（W_2／W_1）は、用途等に応じて、３以上、好ましくは４以上の値を採り得る。切欠部６２の幅W_3は、エッチング種の集中の程度等に応じて、０．１～１μｍ、好ましくは０．３～０．８μｍ等の値を採り得る。

【００１９】

以上のように構成されたフォトマスク１は、透明基板２の一方の面に遮光膜３を形成し、遮光膜３上に電子線レジスト膜を塗布し、電子線レジスト膜に電子線を照射して描画した後、現像、エッチング、レジスト剥離等のリソグラフィプロセスを経て形成される。なお、電子線の他に、Ｘ線、レーザ光等を用いて描画してもよい。

【００２０】

（２）フォトマスクを用いたエッチング

図２（ａ）～（ｃ）は、フォトマスク１を用いたエッチング工程を示す図である。本実施の形態では、半導体材料等からなる下地層１１上に形成されたパターン膜としての絶縁膜１２をエッチング対象とし、この絶縁膜１２に凹部を形成する場合について説明する。なお、下地層１１の上面に、後述するドライエッチングによる下地掘れを抑制するシリコン窒化膜等のエッチング防止膜が形成されていてもよい。

【００２１】

エッチング対象の絶縁膜１２は、例えば、Ｓｉ、SiO_2、Si_3N_4等からなるシリコン化合物等を用いることができる。なお、エッチング対象は、Ｓｉ基板等の基板でもよい。また、エッチング対象の材料は、ＧａＡｓ、ＧａＮ等の半導体材料、Ａｌ、Ｃｕ等の金属等でもよい。

【００２２】

図２（ａ）に示すように、絶縁膜１２上にレジスト膜１３を形成し、レジスト膜１３にフォトマスク１のマスクパターン４を介して紫外線等の露光光を照射し、レジスト膜１３に対しリソグラフィプロセスを行う。レジスト膜１３には、図２（ｂ）に示すように、フォトマスク１の密集パターン５及び幅広パターン６が転写されて密集パターン１５及び幅広パターン１６からなるレジストパターン１４が形成される。レジスト膜１３の幅広パターン１６は、フォトマスク１の幅広パターン６と同様に、角近傍に切欠部を有する。

【００２３】

（３）レジスト膜をマスクとして用いたドライエッチング

図２（ｃ）に示すように、レジストパターン１４が形成されたレジスト膜１３をマスクとして用いて絶縁膜１２に対しドライエッチングを行う。絶縁膜１２には、密集パターン１５に対応して複数の密集凹部１２１が形成され、幅広パターン１６に対応して幅広凹部１２２が形成される。絶縁膜１２に対しドライエッチングを行った後は、レジスト膜１３を除去する。なお、レジスト膜１３の除去前にイオン注入等の他の工程を挿入してもよい。

【００２４】

ドライエッチングとして、本実施の形態では、反応性ドライエッチングを用いる。反応性ドライエッチングは、エッチング用のガス種（エッチング種）をプラズマによりイオン化し、このイオンを絶縁膜１２に照射することにより行う。エッチング用のガス種は、エッチング対象の材料に応じたものを選択する。例えば、エッチング対象がSiO_2の場合は、C_4F_8、ＣＯ、Ａｒ、O_2を含む混合ガスや、C_5F_8、ＣＯ、Ａｒ、O_2を含む混合ガス等のＣＦ系ガスを用いる。

【００２５】

図３は、図２（ｃ）の平面図である。レジスト膜１３のレジストパターン１４は、開口１５０が密集した密集パターン１５と、開口１６０からなる幅広パターン１６とを含む。

開口１６０の角１６１の近傍には、切欠部１６２が形成される。レジスト膜１３を用いたドライエッチングにより、絶縁膜１２には、複数の密集凹部１２１と、幅広凹部１２２とが形成され、幅広凹部１２２は、角１２２ａ近傍に切欠部１２２ｂが形成され、側壁にエッチング生成物による傾斜面１２２ｃが形成される。

【００２６】

その後、密集凹部１２１及び幅広凹部１２２に、絶縁性材料、半導体材料、導電性材料等からなる埋め込み材が埋め込まれ、必要に応じて第２のフォトマスクを用いた同様の工程が行われて半導体装置が製造される。第２のフォトマスクが第１の実施の形態と同様に幅広パターンを有する場合には、望ましくは角近傍に切欠部を設ける。

【００２７】

（比較例１）

図４は、第１の実施の形態に対応する比較例１を示し、（ａ）は、平面図、（ｂ）は、（ａ）のＡ－Ａ線断面図、（ｃ）は、イオン注入工程を説明するための（ａ）のＡ－Ａ線断面図である。この比較例１は、図１に示すフォトマスク１に対し、幅広パターン６の開口６０の角６１近傍に切欠部６２を設けていないフォトマスクを用いたものである。

【００２８】

絶縁膜１２上のレジスト膜１３を露光、現像して、レジスト膜１３に開口１５０が密集した密集パターン１５と、切欠部を有していない開口１６０からなる幅広パターン１６をパターニングする。次に、レジスト膜１３をマスクとして用いて絶縁膜１２に対しドライエッチングを行うと、絶縁膜１２に密集パターン１５に対応した複数の密集凹部１２１と、切欠部を有していない幅広パターン１６に対応した幅広凹部１２２が形成される。最適なエッチング条件が密集パターン１５と幅広パターン１６とで異なり、密集パターン１５と比較して幅広パターン１６に十分にエッチング用のガス種を供給できないことから、第１の実施の形態と同様、密集凹部１２１は略垂直に加工が行われる一方、幅広凹部１２２の側壁は、エッチング生成物により傾斜面１２２ｃになる。

【００２９】

そして、幅広凹部１２２を形成する際、エッチング種であるイオン７が幅広凹部１２２の傾斜面１２２ｃで反射して下地層１１に到達するので、傾斜面１２２ｃで反射したイオン７と、傾斜面１２２ｃで反射せずに略垂直に下地層１１にアタックしてきたイオン７とが傾斜面１２２ｃの下部に集中してしまい、部分的に下地掘れ１１ａが発生してしまう。下地層１１の表面にエッチング防止膜を設けたとしても、下地掘れ１１ａの発生を完全に抑制することは難しい。

【００３０】

図４（ａ）に示すように、幅広凹部１２２の角１２２ａ近傍は、横辺と縦辺の２方向から、イオン７が傾斜面１２２ｃで反射して下地層１１に到達してイオン７が集中するため、特に下地掘れ１１ａが発生しやすい。この下地掘れ１１ａが形成された状態で、例えば、図４（ｃ）に示すように、レジストパターン１４をマスクとして不純物イオン１９を下地層１１に注入してイオン注入領域１１ｂを形成した場合、不純物の注入深さにばらつきが生じ、また予め不純物が注入されてなる下地基板に下地掘れ１１ａが生じた場合であっても、例えば、半導体装置をトランジスタに適用すると、動作特性に変動を生じるおそれがある。また、不純物イオン１９を下地層１１に注入した後、後工程で絶縁膜等の形成と剥離を繰り返す際、下地掘れ１１ａに入り込んだ絶縁膜等を除去し切れないおそれがある。

【００３１】

（第１の実施の形態の効果）

第１の実施の形態によれば、幅広パターンの角近傍に切欠部を設けたレジスト膜をマスクとして用いてエッチング対象に対しドライエッチングを行っているので、エッチング生成物による傾斜面が幅広凹部の角近傍に形成され難くなる。この結果、比較例１で説明したような下地掘れの発生を抑制することができる。

【００３２】

（マスクパターンの切欠部の変形例）
図５は、マスクパターンの切欠部の変形例を示す図である。エッチング種の集中の程度等によっては、角６１の両側に切欠部６２を設けずに、図５（ａ）に示すように、一方側にのみ切欠部６２を設けてもよい。また、開口６０は、矩形状に限られず、図５（ｂ）に示すように、Ｌ字状等の他の形状でもよい。この場合は、開口６０側の角度θが１８０度未満の５箇所の角６１近傍に切欠部６２を設け、開口６０側の角度θが１８０度以上（同図では２７０度）の角６３近傍には切欠部６２を設けない。また、切欠部６２は、上記スリット形状に限られず、半円状等の他の形状でもよい。本変形例では、角６１から切欠部６２を形成したが、角６１から１μｍの範囲で角６１との間に僅かな隙間を設けて切欠部６２を形成してもよい。

【００３３】
［第２の実施の形態］
図６は、本発明の第２の実施の形態に係るフォトマスクの概略を示す平面図である。本実施の形態のフォトマスク１は、第１の実施の形態のフォトマスク１に対して角６１を成す辺にも切欠部６２を設けたものである。すなわち、フォトマスク１のマスクパターン４は、第１の実施の形態と同様に、複数の開口５０からなる密集パターン５と、幅広の開口６０からなる幅広パターン６とを含み、幅広の開口６０は、内側が開口側となる角６１近傍と隣合う角６１の間の辺に複数の切欠部６２による凹凸パターンが形成されている。

【００３４】
切欠部６２は、幅W_3、長さL_3のスリットからなり、切欠き部６２間の距離D_3は、例えば、W_3に等しい。

【００３５】
図７は、ドライエッチング後のレジスト膜、絶縁膜及び下地層を示す平面図である。図６に示すフォトマスク１を用いてレジストパターン１４をレジスト膜１３に転写すると、図７に示すように、レジスト膜１３には、密集した複数の開口１５０からなる密集パターン１５と、角１６１近傍及び角１６１を成す辺に切欠部１６２を有する開口１６０からなる幅広パターン１６が形成される。レジスト膜１３をマスクとして用いて絶縁膜１２に対しドライエッチングを行うと、角１２２ａ近傍及び角１２２ａを成す辺に切欠部１２２ｂが形成された幅広凹部１２２が形成される。

【００３６】
（第２の実施の形態の効果）
第２の実施の形態によれば、第１の実施の形態と同様に、下地掘れの発生を抑制することができる。また、第１の実施の形態と比較して傾斜面１２２ｃの傾斜角度を小さくすることができる。

【００３７】
［第３の実施の形態］
図８は、本発明の第３の実施の形態に係る半導体装置の配線部を示す要部断面図である。本実施の形態に係る半導体装置の配線部の形成方法を、図８を参照して説明する。

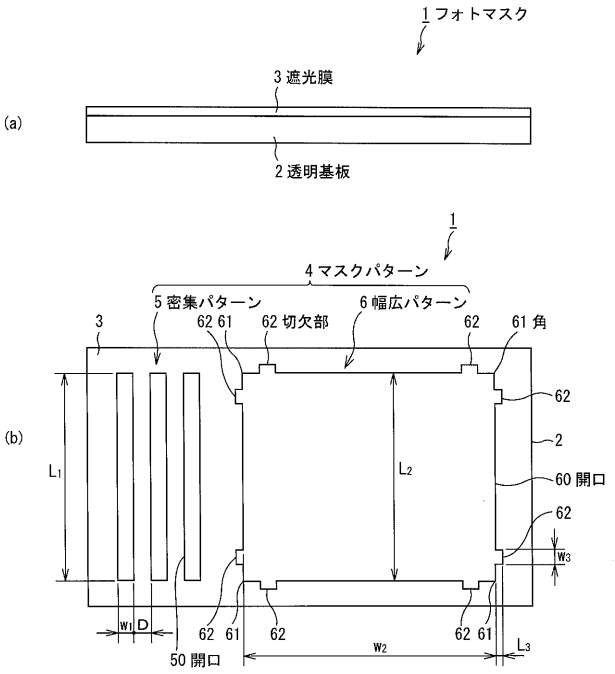
【００３８】
まず、第１の実施の形態のフォトマスク１を用いて、フォトマスク１のマスクパターン４を絶縁膜１２上のレジスト膜に転写し、そのレジスト膜をマスクとして用いて絶縁膜１２に対しドライエッチングを行い、第１の実施の形態と同様に、絶縁膜１２に複数の密集凹部１２１と、角近傍に切欠部を有する幅広凹部１２２とを形成する。

【００３９】
次に、密集凹部１２１及び幅広凹部１２２の溝を含む絶縁膜１２の表面全面に、銅が絶縁膜１２に拡散するのを防止するＴａ、Ｔｉ又はそれらの化合物等からなるバリアメタル膜１７Ａ，１７Ｂをスパッタリング又はＣＶＤ法により形成し、次いで溝を含む絶縁膜１２の表面全面にＣｕをスパッタリング及びメッキ法等により形成した後、溝の外側のバリアメタル及びＣｕをＣＭＰ（Chemical Mechanical Polishing）により除去することにより、銅配線１８Ａ，１８Ｂを形成する。

【００４０】
（比較例２）
図９は、第３の実施の形態に対応する比較例２を示す要部断面図である。この比較例２は、図１に示すフォトマスク１に対し、幅広パターン６の開口６０の角６１近傍に切欠部６２を設けていないフォトマスクを用いたものである。この切欠部を設けていないフォトマスクを用いて、絶縁膜１２に密集凹部１２１及び幅広凹部１２２を形成すると、幅広凹部１２２の四隅の角の下部に掘れ１２２ｄが発生してしまい、ひいては幅広凹部１２２の四隅の角の下部においてバリアメタル膜１７Ｂが不連続となり、銅配線１８ＢのＣｕがバリアメタル膜１７Ｂの不連続部から絶縁膜１２に拡散するおそれが生じる。
【００４１】
（第３の実施の形態の効果）
第３の実施の形態によれば、幅広パターンの角近傍に切欠部を設けたレジスト膜をマスクとして用いて絶縁膜に対しドライエッチングを行って下地掘れの無い凹部を形成し、この凹部にバリアメタル膜を形成しているので、比較例２で説明したように、バリアメタル膜１７Ｂが不連続とならず、銅配線１８ＢのＣｕが絶縁膜１２に拡散するのを抑制することができる。
【００４２】
なお、配線部の形成に、第２の実施の形態と同様に、幅広パターンの辺にも複数の切欠部を有するフォトマスクを用いてもよい。
【００４３】
なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、その発明の要旨を逸脱しない範囲内で種々変形実施が可能である。
【００４４】
例えば、上記各実施の形態では、フォトマスクを用いたが、フォトマスクを用いずにレジスト膜を直接描画する電子線描画方式を採用してもよい。
【図面の簡単な説明】
【００４５】
【図１】図１は、本発明の第１の実施の形態に係るフォトマスクの概略の構成を示し、（ａ）は正面図、（ｂ）は平面図である。
【図２】図２（ａ）～（ｃ）は、フォトマスクを用いたエッチング工程を示す図である。
【図３】図３は、図２（ｃ）の平面図である。
【図４】図４は、比較例１を示し、（ａ）は、平面図、（ｂ）は、（ａ）のＡ－Ａ線断面図、（ｃ）は、イオン注入工程を説明するための（ａ）のＡ－Ａ線断面図である。
【図５】図５（ａ），（ｂ）は、マスクパターンの切欠部の変形例を示す図である。
【図６】図６は、本発明の第２の実施の形態に係るフォトマスクの概略を示す平面図である。
【図７】図７は、ドライエッチング後のレジスト膜、絶縁膜及び下地層を示す平面図である。
【図８】図８は、本発明の第３の実施の形態に係る半導体装置の配線部を示す要部断面図である。
【図９】図９は、第３の実施の形態に対応する比較例２を示す要部断面図である。
【符号の説明】
【００４６】
１　フォトマスク、４　マスクパターン、５　密集パターン、６　幅広パターン、７　イオン、１１　下地層、１１ａ　下地掘れ、１１ｂ　イオン注入領域、１２　絶縁膜、１３　レジスト膜、１４　レジストパターン、１５　密集パターン、１６　幅広パターン、５０　開口、６０　開口、６１　角、６２　切欠部、６３　角、１２１　密集凹部、１２２　幅広凹部、１２２ａ　角、１２２ｂ　切欠部、１２２ｃ　傾斜面、１２２ｄ　掘れ、１５０　開口、１６０　開口、１６１　角、１６２　切欠部、Ｄ　距離、L_1，L_2　長さ、W_1，W_2　開口幅、W_3　幅

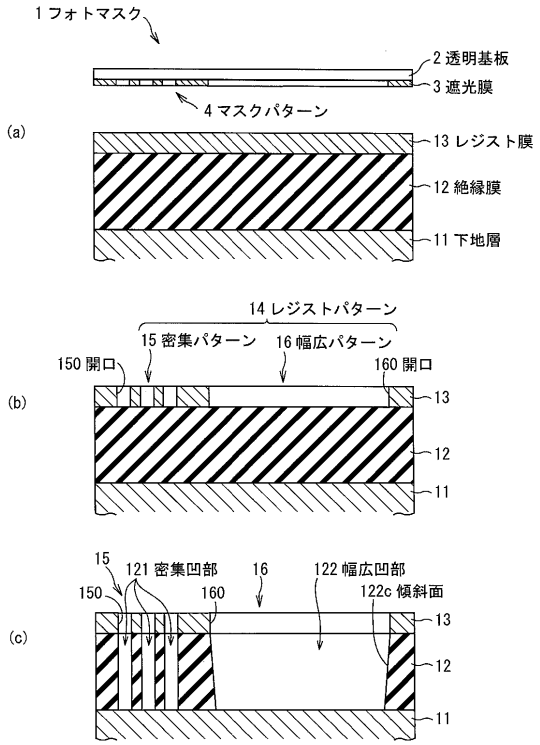
【図１】

図１
（第１の実施の形態）



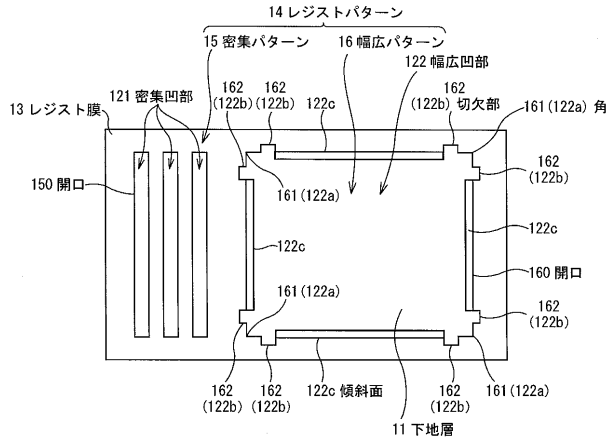
【図２】

図２
（第１の実施の形態）



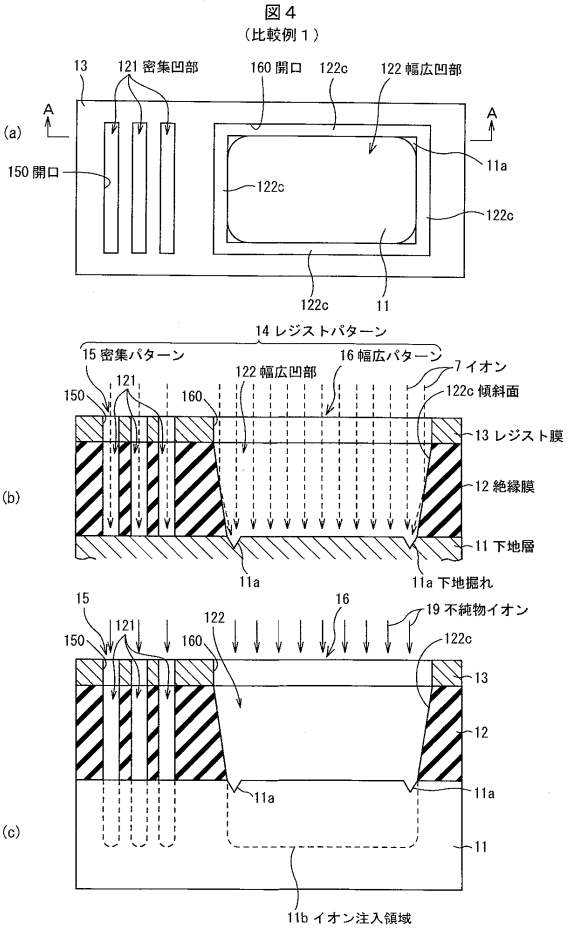
【図３】

図３
（第１の実施の形態）



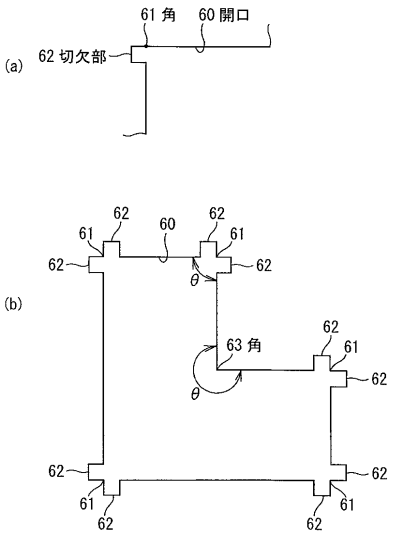
【図４】

図４
（比較例１）



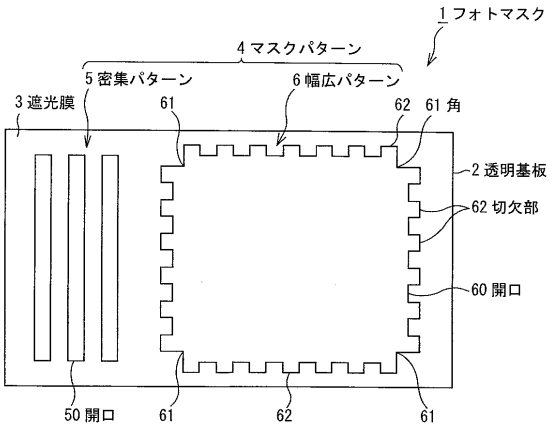
【図５】

図５
（変形例）



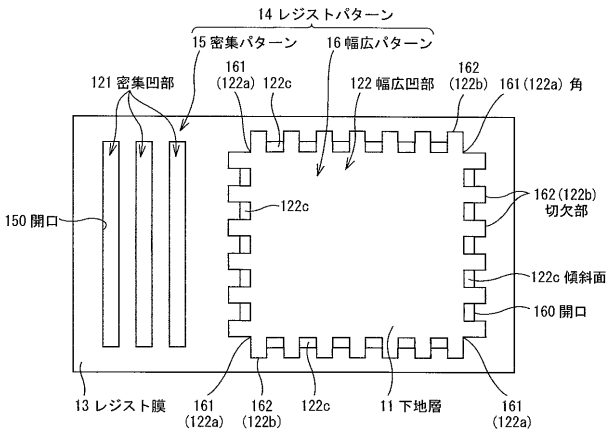
【図６】

図６
（第２の実施の形態）



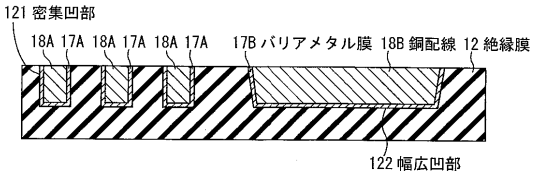
【図７】

図７
（第２の実施の形態）



【図８】

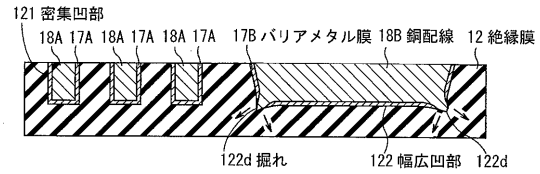
図８
（第３の実施の形態）



【図９】

図９

（比較例２）


121 密集凹部
18A 17A 18A 17A 18A 17A
17B バリアメタル膜
18B 銅配線
12 絶縁膜
122d 掘れ
122 幅広凹部
122d

フロントページの続き

Ｆターム(参考) 5F033 GG02 HH08 HH11 HH18 HH21 MM01 MM12 MM13 MM30 PP06
PP15 PP27 PP28 QQ07 QQ09 QQ13 QQ26 QQ34 QQ37 RR04
RR06 XX03