

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4801268号
(P4801268)

(45) 発行日 平成23年10月26日 (2011.10.26)

(24) 登録日 平成23年8月12日 (2011.8.12)

(51) Int. Cl.		F I		
HO 1 L	21/027	(2006.01)	HO 1 L	21/30 5 4 1 S
GO 3 F	1/16	(2006.01)	GO 3 F	1/16 B
GO 3 F	7/20	(2006.01)	GO 3 F	7/20 5 0 4

請求項の数 5 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2001-80327 (P2001-80327)	(73) 特許権者	302062931 ルネサスエレクトロニクス株式会社
(22) 出願日	平成13年3月21日 (2001. 3. 21)		神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地
(65) 公開番号	特開2002-280290 (P2002-280290A)	(74) 代理人	100110928 弁理士 速水 進治
(43) 公開日	平成14年9月27日 (2002. 9. 27)	(74) 代理人	100118544 弁理士 野本 可奈
審査請求日	平成20年2月19日 (2008. 2. 19)	(74) 代理人	100127236 弁理士 天城 聡
		(72) 発明者	小場 文博 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		審査官	赤尾 隼人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビーム露光用マスク、電子ビーム露光方法および半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電子ビーム透過領域をドライエッチングにより開口して形成される電子ビーム露光用マスクにおいて、

強度が弱く破損し易いパターンに対して、該パターンの形状を維持可能な所定の強度を有する補強用の梁を設け、

前記補強用の梁は、電子ビームによる露光によってパターンが形成される太さを有し、かつ前記電子ビーム透過領域となる開口内に設けられていることを特徴とする電子ビーム露光用マスク。

【請求項 2】

前記パターンが、L & Sパターン、一端のみで支持されるパターン、又は、島状のパターンのいずれかを含むことを特徴とする請求項 1 記載の電子ビーム露光用マスク。

【請求項 3】

電子ビーム透過領域をドライエッチングにより開口して形成されるマスクを用いた電子ビーム露光方法において、

強度が弱く破損し易いパターンに対して、該パターンの形状を維持可能な所定の強度を有する補強用の梁を設けたマスクを用いてパターンを転写するステップと、

前記マスクを外し、前記梁の領域に対してポイント電子ビーム露光方式もしくは可変成形電子ビーム露光方式で露光するステップと、

を少なくとも有することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項 4】

前記パターンが、L & S パターン、一端のみで支持されるパターン、又は、島状のパターンのいずれかを含むことを特徴とする請求項 3 記載の電子ビーム露光方法。

【請求項 5】

電子ビーム透過領域をドライエッチングにより開口して形成されるマスクを用いた半導体装置の製造方法において、

強度が弱く破損し易いパターンに対して、該パターンの形状を維持可能な所定の強度を有する補強用の梁を設けたマスクを用いてパターンを転写するステップと、

前記マスクを外し、前記梁の領域に対してポイント電子ビーム露光方式もしくは可変成形電子ビーム露光方式で露光するステップと、

を少なくとも有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子ビーム露光用マスク及び該マスクを用いた露光方法に関し、特に、長寸法 L & S パターン、大面積パターン、ドーナツ状のパターン等の構造的に破損し易いパターンを有する電子ビーム露光用ステンシルマスク及び該マスクを用いた露光方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年、集積回路装置の高密度化に伴って、集積回路を形成する半導体素子や配線を形成するための超微細加工技術が要求され、それを実現するための手法の開発が緊急の課題となっている。例えば、線幅 0.1 μm 以下の微細パターンを形成するためには、レジスト膜を露光する際、電子ビームを用いて微細なパターンニングを行うという技術がある。

【0003】

電子ビームは、物質波としての波長が他の露光技術と比較して非常に短く、回折収差が無視できるほど小さいため、本質的に高い解像度を有する。しかし、従来の電子ビーム露光技術（可変成形電子ビーム露光方式）では、数 μm 程度の大きさの矩形に成形した電子ビームでパターンを直接塗りつぶしながら露光していくため、スループットの低いことが最大の欠点である。この可変成形電子ビーム露光方式は、例えば、特開平 7 - 211626 号公報に詳細に記載されている。

【0004】

この可変成形電子ビーム露光方式におけるスループットの低さを解消するため、現在では、部分一括電子ビーム露光（セルプロジェクション露光、もしくは、ブロック露光とも呼ばれる）方式という技術が実用化されている。この部分一括電子ビーム露光技術については、例えば特開平 7 - 161605 号公報等において詳細に記載されている。

【0005】

この部分一括電子ビーム露光技術は、デバイスパターン中に繰り返し存在するパターンを膜厚 20 μm 程度の Si に開口形成したステンシル型電子ビームマスク（ステンシルマスク、アパチャ、部分一括マスク、セルプロジェクションマスク、もしくは、ブロックマスクとも呼ばれる）を用いて、数 μm 角の面積パターンを一度に転写するものである。これにより、電子ビームのショット数が、従来の可変成形電子ビーム露光方式から大幅に低減され、スループット向上が達成できている。

【0006】

しかしながら、この部分一括電子ビーム露光方式でも、デバイスパターン中における繰り返し性のないパターンについては、やはり数 μm 程度の大きさの矩形に成形した電子ビームでパターンを直接塗りつぶしながら描画（可変成形電子ビーム露光方式）していくことになり、デバイス量産化を考えると、更なるスループット向上が必要とされている。

【0007】

そこで、近年、部分一括電子ビーム露光方式よりも飛躍的に高スループットを狙う電子ビーム露光方式として、一個の半導体チップ全体の回路パターンを備えたマスクを準備し、

10

20

30

40

50

そのマスクのある範囲に電子ビームを照射し、その照射範囲のパターンの像を投影レンズにより縮小転写する電子ビーム大面積一括露光装置が提案されている。この技術は電子ビームプロジェクション露光方式 (Electron Beam Projection Lithography、略してEPL) と一般的に呼ばれている。

【0008】

このEPL方式については、例えば、特開2000-58446号公報等において詳細に記載されている。従来用いられてきた可変成形電子ビーム露光方式や部分一括電子ビーム露光方式では、一度に転写する領域が最大でも5 μ m角程度と小さかったが、上記のEPL技術では、一括転写領域が250 μ m角程度とかなり大きくなっており、これによりスループットが大幅に向上することが期待されている。

10

【0009】

このように電子ビーム露光技術は、従来のマスクを用いない可変成形電子ビーム露光方式から、スループットを向上させるために、マスクを用いる部分一括電子ビーム露光方式やEPL方式へと変わりつつある。

【0010】

ここで、電子ビーム露光技術において用いられるマスクは、大きく分けて、メンブレンマスクとステンシルマスクの2種類ある。ステンシルマスクについては、例えば特開平5-216216号公報に記載されている。ステンシルマスクとは、開口領域(空間に物質が存在しない)を有するマスクであり、開口領域が電子透過領域、開口していない領域が電子散乱領域に該当する。通常は、シリコンウェハに化学ガスを用いたドライエッチング法

20

【0011】

ステンシルマスクの最大の長所は、コントラストが高いことである。ステンシルマスクの開口領域は物質が何も存在しないので、基本的に電子は散乱されずに通過し、開口していない領域ではシリコンがある一定の厚みを持って存在しているため、基本的に電子は散乱され、透過しない。しかしながらステンシルマスクの最大の短所は、その構造上、開口することでパターンを形成するため、長寸法ライン・アンド・スペース(L&S)パターンや、小さい領域で大きな面積を支えるようなパターン等、マスク強度的に弱いパターンが存在することになる。このような強度の弱いパターンをマスク上に加工しようとする、マスク破損等が生じやすい。更に、一般にドーナツパターンと呼ばれる中空に浮いたパターンは、ステンシルマスクでは形成不可能である。

30

【0012】

一方のメンブレンマスクについては、例えば特願平5-62888号公報等において詳細に記載されている。メンブレンマスクは、電子透過膜の上に電子散乱膜を成膜して、電子散乱膜のみパターンニングして作成する。すなわち、電子透過膜の上に電子散乱膜が残存している領域は電子が散乱されるため、基本的に電子は透過しない。また、電子透過膜の上に電子散乱膜が存在しない領域(すなわち電子透過膜のみ存在する領域)においては、電子は散乱される確立が少ないため、基本的に電子はある一定の割合で透過することになる。

【0013】

しかしながら、電子透過膜といえどもある一定の割合で電子は散乱してしまうため、開口でパターンを形成するステンシルマスクほどコントラストは高くできない。しかし、電子透過膜の上に電子散乱膜が位置しているため、マスク強度的には有利であり、ステンシルマスクでは形成が困難または形成不可能なパターンでもほぼ問題なく形成できる。

40

【0014】

【発明が解決しようとする課題】

電子ビーム露光技術においては、部分一括電子ビーム露光方式で実績もあり、解像度的にも有利なステンシルマスクを多く用いる傾向にあるのが現状である。しかし、ステンシルマスクでは、前述したように、その構造上、形成困難もしくは形成不可能なパターンが存在する。

50

【 0 0 1 5 】

例えば、図 6 (a) に、長手方向に長いライン & スペースパターン (長寸法 L & S パターン) が示されている。このような長寸法 L & S パターンにおいては、マスク製造時においてパターンが図 6 (b) に示すようによれるという問題が生じている。また、図 2 (a) には、長いラインを一辺のみで支えている構造をとっている。このようなパターンでは、ラインの根元で折れ易いという問題を有している。また、図 3 (a) には、長い L 字パターンを小さな領域で支えるという構造をとっている。これも図 2 の場合と同様に支点となる領域において亀裂が生じて折れやすいという問題を有している。また、図 4 (a) には、大面積パターンを小さな領域で支えるという構造をとっている。このようなパターンでは支点となる領域において亀裂が生じ折れやすいという問題を有している。

10

【 0 0 1 6 】

また、図 5 (a) には、一般的にドーナツパターンと呼ばれるパターンが示されている。このような中空に浮いたパターンは、開口によってパターンを形成するステンスルマスクで加工することが不可能である。このようにステンスルマスクでは、その構造上、加工困難もしくは加工不可能なパターンが存在する。

【 0 0 1 7 】

そこで、この問題を解決するために、例えば、図 7 (a) のようなドーナツパターンを図 7 (b) と図 7 (c) のように 2 枚のマスクに分割し、2 回露光を組み合わせて所望のパターン (図 7 (a)) を形成する方法がある。この方法は例えば特開平 1 - 1 9 9 3 8 4 号公報に開示されている。

20

【 0 0 1 8 】

この技術は、ステンスルマスクにおいて加工不可能であるパターンを形成することができるという点に関しては一応の効果を奏している。しかしながら、この技術では、複数のマスクを製作し複数回の露光を組み合わねければならないことから、マスクを使ったスループット向上というメリットを少なからず失効させてしまう。また、マスクコストも高くなってしまふ。

【 0 0 1 9 】

また、例えば、図 8 (a) のようなドーナツパターンを図 8 (b) のように、解像限界以下の細いビーム非透過パターンでドーナツパターンを支持するようにしてアパーチャを作成するという方法がある。この方法は、例えば特開昭 6 1 - 1 8 3 9 2 6 号公報に開示されている。

30

【 0 0 2 0 】

この技術は、パターンの幅がある程度以下であればパターンが消失してしまうことにより、ステンスルマスクにおいて加工不可能であるパターンを形成することができるという点に関しては一応の効果を奏している。しかしながら、この技術では、解像限界以下の細いビーム非透過パターン 8 3 を精度よくマスク上に加工するのは困難であり、また、大面積パターンを解像限界以下の細いビーム非透過パターン 8 3 で支えるには強度不足であり、やはりマスクが破損し易いという問題がある。

【 0 0 2 1 】

本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その主たる目的は、長寸法 L & S パターンや大面積パターン、また、ドーナツ状のパターンを有する場合においても、これらのパターンを確実に保持することができる電子ビーム露光用マスク及び該スクを用いた露光方法を提供することにある。

40

【 0 0 2 2 】

【 問題を解決するための手段 】

上記目的を達成するため、本発明の電子ビーム露光用マスクは、電子ビーム透過領域をドライエッチングにより開口して形成される電子ビーム露光用マスクにおいて強度が弱く破損し易いパターンに対して、該パターンの形状を維持可能な所定の強度を有する補強用の梁を設け、補強用の梁は、電子ビームによる露光によってパターンが形成される太さを有し、かつ前記電子ビーム透過領域となる開口内に設けられているものである。

50

【 0 0 2 3 】

また、本発明の電子ビーム露光用マスクを用いた電子ビーム露光方法は、電子ビーム透過領域をドライエッチングにより開口して形成されるマスクを用いた電子ビーム露光方法において、強度が弱く破損し易いパターンに対して、該パターンの形状を維持可能な所定の強度を有する補強用の梁を設けたマスクを用いてパターンを転写するステップと、前記マスクを外し、前記梁の領域に対してポイント電子ビーム露光方式もしくは可変成形電子ビーム露光方式で露光するステップとを有するものである。

【 0 0 2 4 】

本発明においては、前記パターンが、L & Sパターン、一端のみで支持されるパターン、又は、島状のパターンのいずれかを含むことが好ましい。

10

【 0 0 2 5 】

このように、本発明は上記構成により、長寸法L & Sパターンや大面積パターン、また、ドーナツ状のパターンを確実に保持することができ、また、マスクを用いてパターン露光を行った後、梁の部分のみポイント電子ビーム露光方式もしくは可変成形電子ビーム露光方式で別途露光を行うため、梁の部分が残ることがなく、所望のパターンを形成することができる。

【 0 0 2 6 】

【発明の実施の形態】

本発明に係る電子ビーム露光用マスクを用いた露光方法は、その好ましい一実施の形態において、強度が弱く破損し易いパターン（例えば、長寸法L & Sパターンや一端のみが支持される大面積パターン、また、ドーナツ状のパターン）に対して、該パターンの形状を維持可能な所定の強度を有する補強用の梁を所定の領域（たとえば、長寸法L & Sパターンに対しては、ラインの長手中央においてラインに略直交する方向、一端のみが支持される大面積パターンに対しては他端側、また、ドーナツ状のパターンに対しては周囲の数カ所）に設けたステンシルマスクを形成し、このパターン補強を施したマスクを用いてパターンを露光する第1の工程と、該マスクを外し、梁の領域に対してポイント電子ビーム露光方式もしくは可変成形電子ビーム露光方式を用いて露光する第2の工程とを組み合わせ、最終的に所望のパターンを形成するものである。

20

【 0 0 2 7 】

【実施例】

上記した本発明の実施の形態についてさらに詳細に説明すべく、本発明の一実施例に係る電子ビーム露光用マスク及び該マスクを用いた露光方法について、図1乃至図5を参照して説明する。図1乃至図5は、本発明の一実施例に係る電子ビームプロジェクション露光方式（Electron Beam Projection Lithography、略してEPL）用ステンシルマスクの構造を模式的に示す平面図である。

30

【 0 0 2 8 】

本実施例のステンシルマスクは、例えば、8インチシリコンウェハにおいて化学ガスを用いたドライエッチング手法により開口加工して形成される。ここでは、ハッチング領域が非開口領域11（シリコン）、白色領域が開口領域12（空間に何も存在しない領域）を示している。

40

【 0 0 2 9 】

先ず、所望のパターンをマスク上に形成する場合に、そのパターンが図1(a)のような長寸法のライン・アンド・スペース（L & S）パターンであると、マスク製造時、及び、電子ビーム露光時における応力発生（熱ストレス、振動等）により、パターンがよれて密着してしまうという問題が生じる。従ってこのようなパターンはステンシルマスクでは形成困難または形成できたとしても破損し易い状況となる。

【 0 0 3 0 】

そこで、図1(b)に示すように、斜線領域で示される梁13を入れて、L & Sパターンの長手方向の長さを短縮することで、マスクの破損を防ぐことができる。ここで、この梁13は、マスクの破損を十分防止できるような寸法を有することを特徴とする。

50

【0031】

そして、図1(b)に示すようなステンシルマスクを使って一括電子ビーム露光を行い、続いて、同一装置内において、同一の電子ビーム光源(電子銃)を使って、可変成形電子ビーム露光方式で梁13の領域を露光して、最終的に図1(a)に示す所望のパターンを形成することができる。

【0032】

また、図2(a)のような長いラインを一辺のみで支えている構造をとっているパターンでは、ラインの根元で折れ易いという問題を有している。これに対して、図2(b)のようにパターン強度を補強するように梁23を入れれば、図1の場合と同様にして所望のパターンを形成することができる。

10

【0033】

また、図3(a)のような長いL字パターンを小さな領域で支えるという構造をとっているパターンでは、支点となる領域において亀裂が生じて折れやすいという問題を有している。これに対して、図3(b)のようにパターン強度を補強するように梁33を入れれば図1の場合と同様にして所望のパターンを形成することができる。

【0034】

また、図4(a)のような大面積パターンを小さな領域で支えるという構造をとっているパターン、支点となる領域において亀裂が生じ折れやすいという問題を有している。これに対して、図4(b)のようにパターン強度を補強するように梁43を入れれば図1の場合と同様にして所望のパターンを形成することができる。

20

【0035】

また、図5(a)には、一般的にドーナツパターンと呼ばれるパターンであり、このような中空に浮いたパターンは、開口によってパターンを形成するステンシルマスクで加工することが不可能である。これに対して、図5(b)のようにパターン強度を補強するように梁53を入れれば、図1の場合と同様にして所望のパターンを形成することができる。

【0036】

なお、本実施例では、電子ビーム・プロジェクション露光方式用マスクにおいて本発明の構造を適用した例について記載したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、これを部分一括電子ビーム露光用マスク、電子ビーム露光用メンブレン型マスクに対して適用しても、同様の効果が得られる。

30

【0037】

また、梁の領域を可変成形電子ビーム方式で露光する場合について記載したが、これをポイント電子ビーム方式で露光する場合に適用しても、同様の効果が得られる。

【0038】

また、マスクに照射する電子ビーム光源(電子銃)と、梁を露光する際に用いる可変成形電子ビーム露光の電子ビーム光源(電子銃)とを同一のものを使用する場合について説明したが、これをマスク用と可変成形用とで異なる電子ビーム光源(電子銃)を使う場合に適用しても、同様の効果が得られる。

【0039】

更に、マスクを用いた電子ビーム露光と、可変成形電子ビーム露光とを同一のチャンバ装置内で行うものとして説明したが、これを異なる装置で個別に露光する場合に適用しても、同様の効果が得られる。

40

【0040】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の電子ビーム露光用マスク及び該マスクを用いた露光方法によれば、長寸法L&Sパターンや大面積パターン、また、ドーナツ状のパターンを有するステンシルマスクにおいても、所定の強度を有する梁を設けることによってこれらのパターンを確実に保持することができ、また、上記ステンシルマスクを用いて電子ビームプロジェクション露光方式等で露光した後、梁の部分のみを可変成形電子ビーム方式又はポイント電子ビーム方式で露光することにより、所望のパターンを確実に形成することができ

50

る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係る電子ビームプロジェクション露光方式用ステンシルマスクの構造を模式的に示す平面図である。

【図2】本発明の一実施例に係る電子ビームプロジェクション露光方式用ステンシルマスクの構造を模式的に示す平面図である。

【図3】本発明の一実施例に係る電子ビームプロジェクション露光方式用ステンシルマスクの構造を模式的に示す平面図である。

【図4】本発明の一実施例に係る電子ビームプロジェクション露光方式用ステンシルマスクの構造を模式的に示す平面図である。

【図5】本発明の一実施例に係る電子ビームプロジェクション露光方式用ステンシルマスクの構造を模式的に示す平面図である。

【図6】従来のステンシルマスクの問題点を示す図である。

【図7】従来のドーナツパターンの形成方法を示す図である。

【図8】従来のドーナツパターンの構造を示す図である。

【符号の説明】

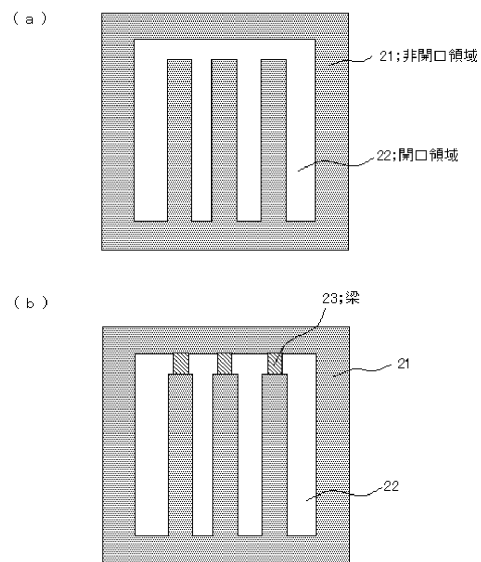
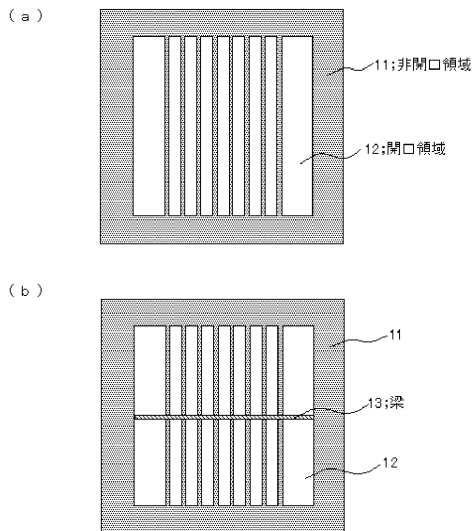
- 1 1、2 1、3 1、4 1、5 1、6 1、7 1、8 1 非開口領域
- 1 2、2 2、3 2、4 2、5 2、6 2、7 2、8 2 開口領域
- 1 3、2 3、3 3、4 3、5 3 梁
- 6 3 よれた領域
- 8 3 ビーム非透過パターン

10

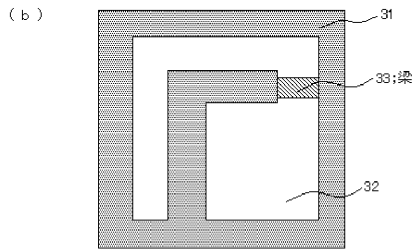
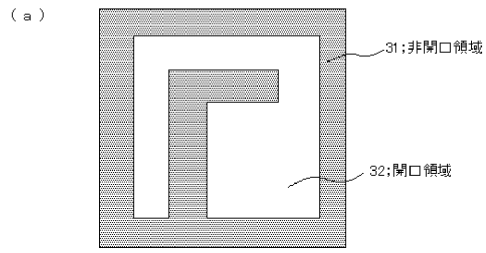
20

【図1】

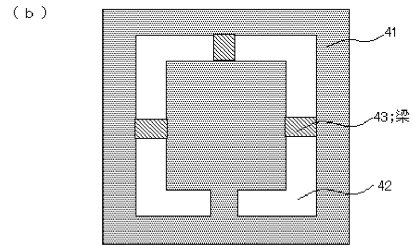
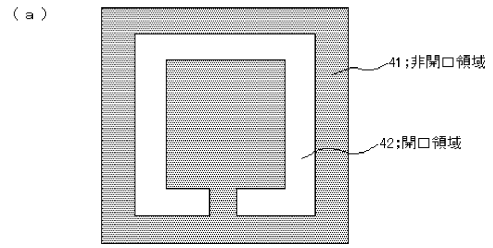
【図2】



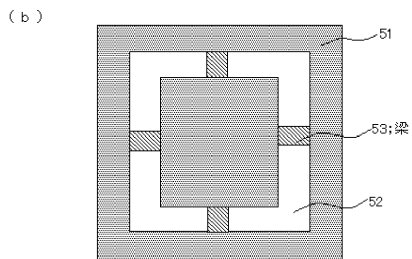
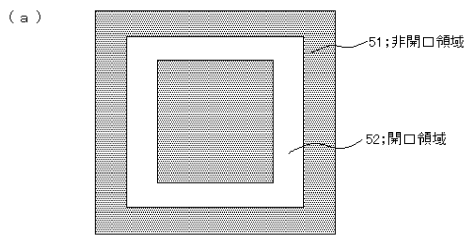
【図3】



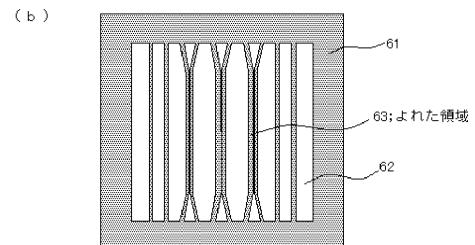
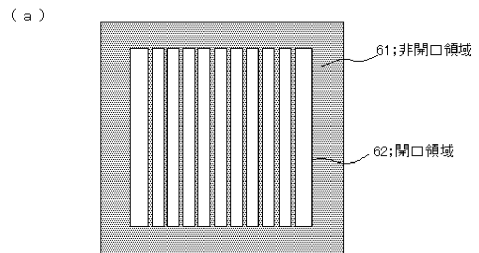
【図4】



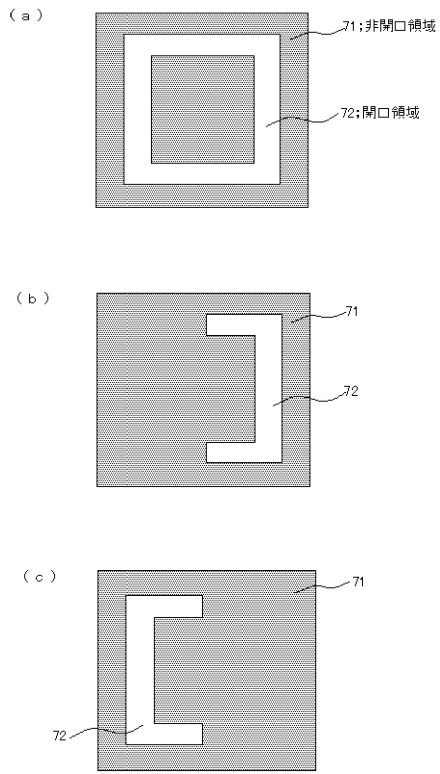
【図5】



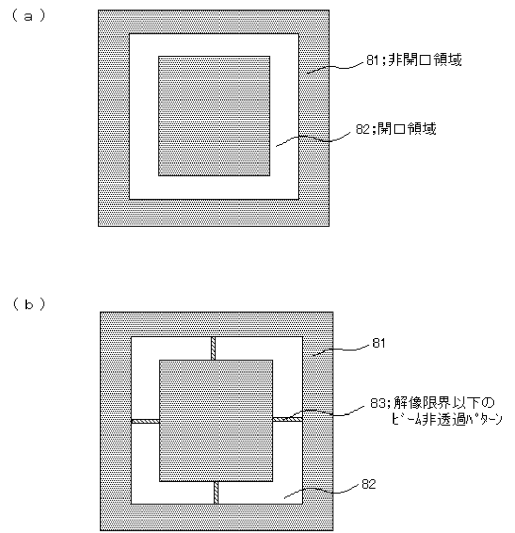
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-012446(JP,A)
特開2000-260694(JP,A)
特開平07-211626(JP,A)
特開平03-242921(JP,A)
特開昭62-262422(JP,A)
特開平10-189442(JP,A)
特開昭60-262422(JP,A)
特開2001-035780(JP,A)
国際公開第2002/021582(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 1/16