

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5100609号
(P5100609)

(45) 発行日 平成24年12月19日 (2012.12.19)

(24) 登録日 平成24年10月5日 (2012.10.5)

(51) Int.Cl.		F I		
H O 1 L	21/027	(2006.01)	H O 1 L	21/30
B 2 9 C	59/02	(2006.01)	H O 1 L	21/30
			B 2 9 C	59/02
			H O 1 L	21/30
				5 0 2 D
				5 0 2 A
				Z
				5 7 O

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2008-275567 (P2008-275567)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成20年10月27日 (2008.10.27)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2010-103415 (P2010-103415A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年5月6日 (2010.5.6)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成23年3月17日 (2011.3.17)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100095441
			弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の凹部パターンが形成されたテンプレートを基板上に形成したマスク材料に接触させて前記第一の凹部パターンに前記マスク材料を充填する工程と、

充填された前記マスク材料を硬化させる工程と、

前記マスク材料を硬化後に前記テンプレートを前記マスク材料から離して前記基板上にマスク材パターンを形成する工程と、

前記マスク材パターン上に感放射線レジストを形成し、前記感放射線レジストに選択的に放射線を照射した後、前記感放射線レジストを現像することにより、前記マスク材パターンの一部を覆うように感放射線レジストパターンを形成する工程と、

前記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記基板を加工する工程とを備えたことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 2】

前記マスク材パターンは、その外周部の内部に溝を有する形状であり、

前記レジストパターン形成工程では、前記マスク材パターンの外周部上に前記レジストパターンの各エッジが位置し、かつ、前記レジストパターンの前記各エッジの外側で前記マスク材パターンの前記外周部表面が露出するように、前記レジストパターンを形成することを特徴とする請求項 1 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 3】

前記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記基板を加工する前に、前

記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記マスク材の残膜を加工する工程を備えたことを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項4】

前記テンプレートは、前記レジストパターンと前記レジストパターンに一部が覆われる前記マスク材パターンとの合計寸法よりも小さい寸法の第二の凹部パターンを備えており、

前記第一の凹部パターンに前記マスク材料を充填する際に、前記第二の凹部パターンにも前記マスク材料を充填する工程と、

前記マスク材料を硬化後に前記テンプレートを前記マスク材料から離して、前記基板上に前記第一及び第二の凹部パターンに対応する前記マスク材パターンを形成する工程と、

前記第一の凹部パターンに対応するマスク材パターンの一部のみを覆うように前記レジストパターンを形成する工程と

を更に備えることを特徴とする請求項1記載の半導体装置の製造方法。

【請求項5】

前記レジストパターン形成工程では、少なくとも前記第二の凹部パターンに対応する前記マスク材パターンに隣接する前記第一の凹部パターンに対応する前記マスク材パターンの一部を覆うように前記レジストパターンを形成することを特徴とする請求項4記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体装置の製造工程において、微細加工のために、転写すべきパターンを形成した原版の型（テンプレート）とウェハなどの被転写基板とを接触、もしくはその間隔を近づけてパターンの転写を行う半導体装置の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体装置の製造方法において、100nm以下の微細パターンの形成と量産性を両立させる技術として、被転写基板に原版の型を転写するナノインプリント法が注目されている。

【0003】

ナノインプリント法は、パターンニングされたテンプレートを、被転写基板上に塗布されているインプリント材料からなるレジスト層に押し付け、レジスト層を硬化させることによりレジスト層にパターンを転写する方法である。このナノインプリント法には、主に熱可塑性レジストを用いる熱インプリント法と、光硬化性レジストを用いる光インプリント法が知られている（例えば特許文献1、2参照）。

【0004】

上記ナノインプリント法においては、テンプレートに形成された3次元構造のパターンを転写することができるので、例えば、階段構造、レンズ形状などのパターンを転写することも可能である。

【0005】

ナノインプリント法的一种である光ナノインプリント法によるパターン転写の手順は、例えば下記（1）～（5）のようなものである。

【0006】

（1）被転写基板へのインプリント材料である光硬化性レジストの塗布

（2）被転写基板とテンプレートとのアライメント及びプレス（接触）

（3）光照射によるレジストの硬化

（4）離型及びリンス

（5）主に酸素プラズマによる異方性エッチングを用いた残膜除去

上記インプリント材料である光硬化性レジストのウェハへの塗布方法としては、スピコート法とインクジェット法が用いられている。

【0007】

スピンコート法はスループットを向上できるという利点がある反面、インプリント材料が液体であるので、光照射までの間は取り扱いに注意を要する。また、インプリント材料の利用効率も悪い。

【0008】

一方、インクジェット法は、離型までの工程をインプリント装置内で実行できるため、液体のインプリント材料が塗布された状態のウェハが製造装置間を移動することがなく、液面変動などの影響を受けにくい。また、1ショット（テンプレートによる1回のプレス）分のみインプリント材料を塗布するためインプリント材料の利用効率も高い。しかし、インプリント材料の塗布にはピコリットルオーダーの吐出量制御が求められており、パターンの密度に応じたインプリント材料の吐出パターンを作成するために、マスクパターンデータから吐出量を読み取って制御する必要がある。

10

【0009】

上記光ナノインプリント法で用いるテンプレートは、例えば、一般のフォトマスクに用いる全透明な石英基板にプラズマエッチングにより凹凸のパターンを形成したものである。メモリデバイスのパターン配置を例にとると、各チップの中央部にラインアンドスペースからなるメモリセルパターンが形成され、その外側に周辺回路のパターンが形成される。更に外周には、チップの切り代の部分となるダイシング領域が配置され、このダイシング領域には位置合わせのためのアライメントマークなどが形成されている。

20

【0010】

ところで、上記周辺回路部分及びダイシング領域には、数百 μm 以上に渡ってレジストが残るような大きなパターンが存在する。このように、広い領域にレジストが残るサイズの大きなパターンでは毛管力が小さくなるため、インプリント材料の充填速度が遅くなって製造時間の長期化を招いたり、インプリント材料が十分に充填されずにパターンの一部が欠損したりするという問題がある。

【特許文献1】特開2001-68411号公報

【特許文献2】特開2000-194142号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

30

本発明は上記のような事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、インプリント法において、テンプレートに形成されたパターンへのマスク材料の充填不良に伴う転写パターンの不良を回避する半導体装置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】

【0012】

本発明の一態様は、第一の凹部パターンが形成されたテンプレートを基板上に形成したマスク材料に接触させて前記第一の凹部パターンに前記マスク材料を充填する工程と、充填された前記マスク材料を硬化させる工程と、前記マスク材料を硬化した後に前記テンプレートを前記マスク材料から離して前記基板上にマスク材パターンを形成する工程と、前記マスク材パターンの一部を覆うようにレジストパターンを形成する工程と、前記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記基板を加工する工程とを備えたことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、インプリント法において、テンプレートに形成されたパターンへのマスク材料の充填不良に伴う転写パターンの不良を回避する半導体装置の製造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】

【0014】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

50

〔第１の実施形態〕

図１は、光ナノインプリント装置の構成を示す概略図である。被加工基板（被転写基板）としてのウェハ１１は、ウェハステージ１２のウェハチャック１３に吸着して固定されている。上記ウェハステージ１２は、ステージ定盤１４上に載置され、移動可能になっている。上記ウェハ１１の主表面（素子形成面）と対向するようにテンプレート１５が配置されている。このテンプレート１５は、例えば全透明な石英基板で構成されており、上記ウェハ１１の主表面と対向する表面にプラズマエッチングなどにより凹凸のパターンが形成されている。

【００１５】

また、ＵＶ光源１６から発せられた紫外線は、上記テンプレート１５を介してウェハ１１の主表面上に形成されたインプリント材料（マスク材料）である光硬化性樹脂等からなる光硬化性レジストに照射される。

【００１６】

更に、上記ウェハ１１の主表面と対向してインプリントノズル１７が配置されており、このウェハ１１の主表面にインクジェット法によりインプリント材料である光硬化性レジストが塗布される。

【００１７】

上記ウェハステージ１２の位置や移動量、上記テンプレート１５のウェハ１１への接触動作と離型動作、上記ＵＶ光源１６の焦点位置や光量、及び上記インプリントノズル１７からのインプリント材料の吐出パターンや吐出量などは、レシピ記憶装置１８に記憶された種々のデータに基づいてコントロール装置１９で制御されるようになっている。

【００１８】

このような構成の光ナノインプリント装置によって、ウェハ１１への光硬化性レジストの塗布工程、ウェハ１１とテンプレート１５のアライメント工程、ウェハ１１とテンプレート１５のプレス（接触）工程、光硬化性レジストの硬化工程、及びテンプレート１５の離型工程までが連続的に実行できる。

【００１９】

図２は、上記図１に示したテンプレート１５の凹部パターン配置例を示している。このテンプレート１５は、メモリデバイスを例に取っており、ここでは４個のチップ２１－１～２１－４のパターンを代表的に簡略化して示している。各チップ２１－１～２１－４の中央部にはそれぞれ、ラインアンドスペースで形成されるメモリセルパターン（メインパターン領域２２）が配置され、その外側には周辺回路のパターン領域２３が形成されている。更に外周のチップ２１－１～２１－４間には、これらチップ２１－１～２１－４の切り代となるダイシング領域２４が設けられており、このダイシング領域２４には位置合わせのためのアライメントマーク２５などが形成されている。

【００２０】

図３乃至図９はそれぞれ、本発明の第１の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、上記図１に示した光ナノインプリント装置を用いて、図２に示したようなパターンを形成する工程を順次示す断面図である。図３乃至図９では、上記図２のパターン配置におけるメインパターン領域２２と周辺回路パターン領域２３の一部（破線２６で囲んだ領域）を抽出して製造工程を示している。

【００２１】

また、図１０乃至図１２はそれぞれ、光ナノインプリント工程、放射線リソグラフィー工程（本実施形態の説明では光を用いたリソグラフィー工程とする）及びウェハ（被加工基板）に転写されたパターンについて詳しく説明するためのものである。図１０（ａ）は光ナノインプリント工程で用いるテンプレートの断面図、図１０（ｂ）は形成したインプリントレジストのインプリントパターン（マスク材パターン）の平面図、及び図１０（ｃ）はウェハ（被加工基板）１１とインプリントパターンの断面図であり、図１０（ｂ）の１０Ｃ－１０Ｃ線に沿った断面が図１０（ｃ）に対応する。図１１（ａ）は光リソグラフィー工程で用いるレチクルの断面図、図１１（ｂ）は形成した感放射線レジストのパター

ンとインプリントパターンの平面図、及び図 11 (c) は被加工基板と感放射線レジストの断面図であり、図 11 (b) の 11C-11C 線に沿った断面が図 11 (c) である。更に、図 12 (a) は被加工基板に転写されたパターンの平面図、及び図 12 (b) は図 12 (a) の 12B-12B 線に沿った断面図である。

【0022】

まず、被加工基板（ウェハ）の表面に、インクジェット法によりナノインプリント材料（マスク材料）を塗布する。すなわち、図 3 に示すように、インプリントノズル 17 から被加工基板 11 の表面に、液体の光硬化性レジスト（感放射線レジスト）20 を 1 ショット分塗布する。この際、光ナノインプリント装置で予めテンプレート 15 のパターン情報から必要な光硬化性レジスト 20 の量を計算して塗布する。例えば、コントロール装置 19 により、レシピ記憶装置 18 に記憶されているマスクパターンデータから吐出量を読み取り、パターンの密度に応じたインプリント材料の吐出パターンを作成し、インプリントノズル 17 の吐出量を制御する。

10

【0023】

上記被加工基板 11 はシリコン基板であっても良いし、シリコン基板上に被加工膜としてのシリコン酸化膜、low-k 膜（低誘電率）膜などの層間絶縁膜、或いは有機膜からなるマスク材膜などを形成した基板であってもかまわない。また、基板とインプリントレジストとの密着性を高めるための有機膜を設けてもかまわない。更に、上記被加工基板 11 の下層に、デバイス製造過程におけるデバイスパターンが形成されていても良い。

【0024】

20

次に、図 10 (a) に示すようなナノインプリント用のテンプレート 15 を用意する。このテンプレート 15 は、例えば、フォトマスクに用いる全透明な石英基板にプラズマエッチングにより凹凸のパターンを形成したもので、十分な毛管力が得られる凹凸を備えた小さなパターン 27（第二の凹部パターン）のグループと、パターン 27 と異なる特定パターン 28（第一の凹部パターン）のグループとにグループ分けし、小さなパターン 27 はマスクパターンデータに基づいて形成し、特定パターン 28 は輪郭に沿った外周部のみに形成する。特定パターン 28 は、特に寸法は限定されないが、例えばパターン 27 よりも寸法の大きいパターンであり、十分な毛管力が得られないパターンである。

【0025】

すなわち、テンプレート 15 における光硬化性レジスト 20 の塗布面に対向する表面の第 1 の領域には、毛管現象を起こし得る凹凸で形成された小さなパターン 27 を形成し、上記第 1 の領域と異なる第 2 の領域には、毛管現象が小さい特定の大きさ以上で、特定パターン 28A を形成する。

30

【0026】

特定パターン 28A は、基板を加工する際に基板上に形成すべきマスク材パターンの輪郭に沿った凹部状の枠パターン（溝 35）を有する。またパターン 28 は、その凹部状の枠を有するパターン内に更に別の凹部パターン（溝）、例えば x 方向及び y 方向が 1 μ m 以上の長さを持つ長方形パターン、或いはその組み合わせパターンを有しても良い。

【0027】

上記枠状に形成された溝 35 の幅 ΔD は、少なくとも後の光リソグラフィー工程で用いられる露光装置の合わせ精度以上になっている。x 方向もしくは y 方向の合わせ精度が ± 50 nm の場合には、幅 ΔD は 100 nm 以上とすることが望ましい。これによって、合わせズレが生じた場合にも、光リソグラフィー法によって形成される感放射線レジストパターンの端部が必ずインプリントパターン（マスク材パターン）上に位置するようにできる。

40

【0028】

上記特定パターン 28A の凹部の大きさを決定するには、大きさを変えた複数の凹部のパターンを形成したテンプレートを準備し、凹部の寸法と、各寸法の凹部にインプリントレジストが充填される充填時間との関係を求める。そして、光ナノインプリント装置で必要とされるスループットなどから決められた充填時間で充填が完了する大きさを求める。

50

この結果に基づき、特定パターンの凹部の大きさを決める。或いは、凹部へのインプリントレジストの充填速度をシミュレーションから求め、上記シミュレーション結果より決定しても良い。

【0029】

なお、上記溝35の幅 ΔD はx方向とy方向で違っていても良く、露光装置の合わせ精度によって決定することが望ましい。

【0030】

その後、図4に示すように、上記被加工基板11に対してテンプレート15のアライメントを行い、光硬化性レジスト20を介在してプレス（接触）する。このプレス工程の後、図5に示すように、i線等の波長を含むUV光を照射して光硬化性レジスト20を硬化させたインプリントレジストのパターン（インプリントパターン）20'を形成する。特定パターン28Aに対応するインプリントパターン（マスク材パターン）20'は、外周部の内部に溝を有する形状になる。なお、マスク材パターンの下方には、パターン化されていないマスク材の残膜20Rが形成されている。

10

【0031】

引き続き、図6に示すようにテンプレート15の離型を行い、リンス及び残膜除去の工程へと進む。残膜除去工程は、ポジ型感放射線レジスト30の塗布前に実施しても良いが、本実施形態では感放射線レジストパターンの形成後に実施する場合を例に取る。

【0032】

次に、上記インプリントパターン20'が形成された被加工基板11に対して、必要に応じてヘキサメチルジシラザン（HMDS）などで密着促進処理を行った後、図7に示すようにインプリントパターン20'上にポジ型感放射線レジスト30を塗布する。このとき、インプリントパターン20'は、既に光硬化されているため、感放射線レジスト30の溶媒に溶解することは稀である。

20

【0033】

但し、光硬化の強度が弱く、感放射線レジスト30の溶媒によりインプリントパターン20'の溶解が生じた場合には、ポストバーク処理、UVキュア処理などの追加の硬化処理を行い、インプリントレジストの溶解を抑制しても良い。上記感放射線レジスト30の膜厚は、被加工膜の加工に際して十分な膜厚があれば良い。

【0034】

続いて、図8に示すようなマスク（レチクル31）を用いて、上記ポジ型感放射線レジスト30を塗布した被加工基板11を選択的に露光する。このレチクル31には、上記特定パターンの内側領域に感放射線レジストを残すように遮光パターン29が形成されている。

30

【0035】

その後、必要に応じてホットプレート上などでバーク処理を行い、2.38wt%のテトラメチルアンモニウムハイドロオキサイド（TMAH）水溶液などのアルカリ現像液を用いて、感放射線レジストパターン30'を形成する（図9）。この感放射線レジストパターン30'は、インプリントパターン20'の外周部上に当該感放射線レジストパターン30'の各エッジが位置し、かつ、合わせずれを考慮するため、感放射線レジストパターン30'の各エッジの外側で上記インプリントパターン20'の外周部表面が露出するように形成する。つまり、図11(a)～(c)に示すように、上記感放射線レジストパターン30'の端部エッジは、インプリントパターン20'が幅 ΔD の十分なマージンを持っているため、インプリントパターン20'の端部より外側となることはほとんどない。

40

【0036】

次に、インプリントパターン20'と感放射線レジストパターン30'をマスクにマスク材の残膜20Rを加工する。

【0037】

その後、上記インプリントパターン20'と感放射線レジストパターン30'との複合

50

構造のマスクを用いて被加工基板 11 をパターンニングする。その後、上記パターンニングのためのエッチングが終了した被加工基板 11' 上のレジスト残渣を除去する。このレジスト残渣の除去には、酸素プラズマによるアッシングもしくは硫酸と過酸化水素水の混合液や、市販のレジスト剥離液などを用いる。これによって、被加工基板 11' の表面に図 12 (a), (b) に示すような所望のパターンを形成できる。

【0038】

上記のような半導体装置の製造方法によれば、毛管力が大きいパターンはナノインプリント法で形成し、毛管力が小さいパターンはナノインプリント法と放射線 (DUV、EUV 光等の紫外光や電子ビーム) リソグラフィ法の組み合わせで形成するので、インプリントレジストの充填不良を低減できる。

10

【0039】

また、形成すべき所定のマスク材パターンの外周部は枠状の凹部テンプレートパターンをインプリントして形成し、このマスク材パターンの外周部で囲まれた領域内に感放射線レジストを形成するので、上記感放射線レジストの端部は上記枠状のマスク材パターン上に位置すれば良く、線幅 (溝 35 の幅 ΔD) 分の余裕を確保でき、インプリント法とリソグラフィ法のミックスアンドマッチにおける合わせズレを抑制できる。

【0040】

なお、上記第 1 の実施形態では、所定のマスク材パターンの外周部に沿った枠状の凹部テンプレートパターンを用いたが、例えば図 13 (a) ~ (c) に示すように、マスク材パターンの輪郭に沿った外周部だけでなく、その内部にも溝ができるよう、テンプレート 36 における特定パターンの内側領域 38 にダミーのラインアンドスペースで凹部パターンを形成し、毛管力を高めても良い。

20

【0041】

感放射線レジストパターン 30' は、図 14 (a) ~ (c) に示すように、特定パターンの内側領域 38 に形成し、第 1 の実施形態と同様にしてインプリントパターン 20A と感放射線レジストパターン 30' との複合構造のマスクを用いて被加工基板 11 をパターンニングする。

【0042】

上記のような半導体装置の製造方法によれば、特定パターンの輪郭に沿った外周部に加えて、内部領域 38 にラインアンドスペースの凹凸を形成するので、大きなサイズのパターンであってもインプリントレジストを毛管力により容易に充填できる。

30

【0043】

また、ラインアンドスペースによる凹凸ではなく、図 15 (a) ~ (c) 及び図 16 (a) ~ (c) に示すように、テンプレート 37 における特定パターンの内側領域 38 に円柱状のポスト 39P を行列状に配置し、インプリントパターン 20B の特定パターンに行列状に孔 39H (凹部パターン) を形成して毛管力を高めても良い。

【0044】

このような構成並びに方法であっても、ラインアンドスペースの凹凸を形成した場合と実質的に同様な作用効果が得られる。

【0045】

40

上記テンプレートの凹部パターン 28 に基づいて形成されたインプリントパターン 20' と感放射線レジストパターン 30' との複合構造のマスクを用いて被加工基板 11 をパターンニングすることによって、メモリセルの周辺回路パターンや、ダイシングライン上にアライメントマーク或いは合わせずれ検査マーク等を形成することができる。

【0046】

一方、テンプレートの凹部パターン 28 に対応するに基づいて形成されたインプリントパターン 20' をマスクに用いて被加工基板 11 をパターンニングすることによって、例えば、微細なメモリセルパターンを形成することができる。

【0047】

なお、ここで、少なくともテンプレートの凹部パターン 28 に対応する微細なマスク材

50

パターン 20' に隣接する、テンプレートの凹部パターン 28 に対応するマスク材パターン 20' の一部を覆うようにレジストパターン 30' を形成することで、微細なマスク材パターンとそれに隣接するレジストパターンの合わせずれによる影響を防止することが可能である。

【0048】

〔第 2 の実施形態〕

図 17 乃至図 22 はそれぞれ、本発明の第 2 の実施形態に係る光インプリント法による半導体装置の製造方法について説明するためのもので、製造工程を順次示す断面図である。前述した第 1 の実施形態と同様に、本実施形態でも上記図 2 のパターン配置におけるメインパターン領域 22 と周辺回路パターン領域 23 の一部（破線 26 で囲んだ領域）を抽出して製造工程を示している。図 23（a）は本実施形態で用いられるテンプレートの断面図、図 23（b）は上記テンプレートを下方から見た平面図であり、図 23（b）の 23A-23A 線に沿った断面が図 23（a）に対応している。

10

【0049】

まず、被加工基板（ウェハ）の表面に、インクジェット法によりナノインプリント材料（マスク材料）を塗布する。すなわち、図 17 に示すように、インプリントノズル 17 から被加工基板 11 の表面に、液体の光硬化性レジスト 20 を 1 ショット分塗布する。この際、光ナノインプリント装置で予めテンプレートのパターン情報から必要な光硬化性レジスト 20 の量を計算して塗布する。例えば、コントロール装置 19 により、レジピ記憶装置 18 に記憶されているマスクパターンデータから吐出量を読み取り、パターンの密度に応じたインプリント材料の吐出パターンを作成し、インプリントノズル 17 の吐出量を制御する。

20

【0050】

上記被加工基板 11 は、第 1 の実施形態と同様に、シリコン基板であっても良いし、シリコン基板上に被加工膜としてのシリコン酸化膜、low-k 膜（低誘電率）膜などの層間絶縁膜、或いは有機膜からなるマスク材膜などを形成した基板であってもかまわない。また、基板とインプリントレジストとの密着性を高めるための有機膜を設けても良い。更に、上記被加工基板 11 の下層に、デバイス製造過程におけるデバイスパターンが形成されていても良い。

【0051】

次に、図 18 に示すように、ナノインプリント用のテンプレート 40 を用意し、上記被加工基板 11 に対してテンプレート 40 のアライメントを行う。このテンプレート 40 は、例えば、一般のフォトマスクに用いる全透明な石英基板にプラズマエッチングにより凹凸のパターンを形成したものである。

30

【0052】

上記テンプレート 40 は、図 23（a）、（b）に示すように、光硬化性レジスト 20 に対向する表面の第 1 の領域に、毛管現象を起こし得る凹凸で形成された小さなパターン（第 1 凹パターン）27 と、上記第 1 の領域と異なる第 2 の領域に、第 1 凹パターン 27 より大きい、例えば毛管現象が小さい特定の大きさ以上の特定パターン（第 2 凹パターン）28B を備えている。すなわち、十分な毛管力が得られる小さなパターン 27 と、毛管力が小さい特定パターン 28B とにグループ分けし、小さなパターン 27 はマスクパターンデータに基づいて形成し、特定パターン 28B を形成するための凹部 42 の底面部には溝（孔）41 を行列状に配置して設けている。換言すれば、テンプレートは、第 1 凹パターン及び、前記第 1 凹パターンよりも寸法が大きく、底面部に溝（孔）が形成された第 2 凹パターンを有する。

40

【0053】

上記特定パターン 28B は、例えば x 方向及び y 方向が 1 μm 以上の長さを持つ長方形、或いはその組み合わせの凹部 42 で形成する。この凹部 42 の底面に上記孔 41 を行列状に配置して設け、毛管力により凹部 42 内へのインプリントレジストの充填を補助するようにしている。

50

【0054】

上記特定パターン28Bの大きさの決定には、大きさを変えた複数のパターンを形成したテンプレートを準備し、凹部42の寸法と、各寸法の凹部42にインプリントレジストが充填される充填時間との関係を求める。そして、光ナノインプリント装置で必要とされるスループットなどから決められた充填時間で充填が完了する大きさを求める。この際、孔41の毛管力によって、上述した第1の実施形態の場合よりもインプリントレジストの充填時間が短縮されることになる。この結果に基づき、特定パターン28Bの大きさを決定する。或いは、凹部42へのインプリントレジストの充填速度をシミュレーションから求め、上記シミュレーション結果により決定しても良い。

【0055】

10

また、上記孔41の寸法及び配置間隔は、やはり寸法や配置間隔を変えた複数のパターンを形成したテンプレートを準備し、特定パターンの凹部に、インプリントレジストが充填される充填時間の関係を求め、必要とされる光ナノインプリント装置のスループットなどから決められた充填時間で充填が完了する寸法及び間隔を求める。そして、上記結果に基づき寸法及び間隔を決める方法でも良いし、凹部42へのインプリントレジストの充填速度をシミュレーションから求め、上記シミュレーション結果より決定しても良い。

【0056】

その後、図19に示すように、上記テンプレート40を光硬化性レジスト20を介在して上記被加工基板11にプレス（接触）する。このプレス工程の後、図20に示すようにi線等の波長を含むUV光を照射して光硬化性レジスト20を硬化させる。

20

【0057】

引き続き、図21に示すようにテンプレート40の離型を行い、リンス及び残膜除去の工程へと進む。

【0058】

次に、図22に示すように、上記インプリントパターン20'をマスクとして、被加工基板11をパターンニングする。その後、上記パターンニングが終了した被加工基板11上のレジスト残渣を酸素プラズマによるアッシングもしくは硫酸と過酸化水素水の混合液や、市販のレジスト剥離液などを用いて除去することで、被加工基板11からなる所望のパターンを形成することができる。

【0059】

30

上記のような半導体装置の製造方法によれば、特定パターン28Bの凹部42内へのインプリントレジスト20の充填時に、底面に形成した孔41の毛管力により充填を補助できるので、インプリントレジスト20の充填不良を低減できる。

【0060】

しかも、インプリント法とリソグラフィー法とのミックスアンドマッチを行う必要がないので、第1の実施形態よりも簡単な工程でインプリントレジストの充填不良を低減できる。

【0061】

なお、図19に示した工程において、孔41に充填不良部43が発生することがあるが、特定パターン28Bの形成には直接的には関与しないので実質的な悪影響はない。

40

【0062】

上述したように、本発明の第1の態様によれば、下記（A）のような半導体装置の製造方法が提供できる。

【0063】

（A）第一の凹部パターンが形成されたテンプレートを基板上に形成したマスク材料に接触させて前記第一の凹部パターンに前記マスク材料を充填する工程と、充填された前記マスク材料を硬化させる工程と、前記マスク材料を硬化後に前記テンプレートを前記マスク材料から離して前記基板上にマスク材パターンを形成する工程と、前記マスク材パターン上に感放射線レジストを形成し、前記感放射線レジストに選択的に放射線を照射した後、前記感放射線レジストを現像することにより、前記マスク材パターンの一部を覆うよう

50

に感放射線レジストパターンを形成する工程と、前記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記基板を加工する工程とを備える。

【0064】

上記第1の形態において、下記（B）～（E）のような特徴を備えている。

【0065】

（B）前記マスク材パターンは、その外周部の内部に溝を有する形状であり、前記レジストパターン形成工程では、前記マスク材パターンの外周部上に前記レジストパターンの各エッジが位置し、かつ、前記レジストパターンの前記各エッジの外側で前記マスク材パターンの前記外周部表面が露出するように、前記レジストパターンを形成する。

【0066】

（C）前記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記基板を加工する前に、前記マスク材パターンと前記レジストパターンをマスクに前記マスク材の残膜を加工する工程を備える。

【0067】

（D）前記テンプレートは、前記レジストパターンと前記レジストパターンに一部が覆われる前記マスク材パターンとの合計寸法よりも小さい寸法の第二の凹部パターンを備えており、前記第一の凹部パターンに前記マスク材料を充填する際に、前記第二の凹部パターンにも前記マスク材料を充填する工程と、前記マスク材料を硬化後に前記テンプレートを前記マスク材料から離して、前記基板上に前記第一及び第二の凹部パターンに対応する前記マスク材パターンを形成する工程と、前記第一の凹部パターンに対応するマスク材パターンの一部のみを覆うように前記レジストパターンを形成する工程とを更に備える。

【0068】

（E）（D）における前記レジストパターン形成工程では、少なくとも前記第二の凹部パターンに対応する前記マスク材パターンに隣接する前記第一の凹部パターンに対応する前記マスク材パターンの一部を覆うように前記レジストパターンを形成する工程を更に備える。

【0069】

また、本発明の第2の態様によれば、下記（F）のような半導体装置の製造方法を提供できる。

【0070】

（F）第1凹パターン及び、前記第1凹パターンよりも寸法が大きく、底面部に溝（孔）が形成された第2凹パターンを有するテンプレートを基板上に形成したマスク材料に接触させて前記第1凹パターン及び第2凹パターンに前記マスク材料を充填する工程と、充填された前記マスク材料を硬化させる工程と、前記マスク材料を硬化した後に前記テンプレートを前記マスク材料から離して前記基板上にマスク材パターンを形成する工程と、前記マスク材の残膜を除去後、前記マスク材パターンを用いて前記基板を加工する工程とを備える。

【0071】

更に、本発明の第3の態様によれば、下記（G）のようなテンプレートを提供できる。

【0072】

（G）第1凹パターン及び、前記第1凹パターンよりも寸法が大きく、底面部に溝（孔）が形成された第2凹パターンを有する。

【0073】

以上第1、第2の実施形態を用いて本発明の説明を行ったが、本発明は上記各実施形態に限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で種々に変形することが可能である。また、上記各実施形態には種々の段階の発明が含まれており、開示される複数の構成要件の適宜な組み合わせにより種々の発明が抽出され得る。例えば各実施形態に示される全構成要件からいくつかの構成要件が削除されても、発明が解決しようとする課題の欄で述べた課題の少なくとも1つが解決でき、発明の効果の欄で述べられている効果の少なくとも1つが得られる場合には、この構成要件が削除された構成が発明として

10

20

30

40

50

抽出され得る。

【図面の簡単な説明】

【0074】

【図1】光ナノインプリント装置の構成を示す概略図。

【図2】本発明の実施形態に係る半導体装置の製造方法で形成されるパターン配置例を示しており、メモリデバイスのパターン平面図。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第1の製造工程を示す断面図。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第2の製造工程を示す断面図。

10

【図5】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第3の製造工程を示す断面図。

【図6】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第4の製造工程を示す断面図。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光リソグラフィー法による第5の製造工程を示す断面図。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光リソグラフィー法による第6の製造工程を示す断面図。

【図9】本発明の第1の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、第7の製造工程を示しており、光ナノインプリント法と光リソグラフィー法を組み合わせ形成したマスクの断面図。

20

【図10】(a)図は光ナノインプリント工程で用いるテンプレートの断面図、(b)図は形成したインプリントパターンの平面図、及び(c)図は被加工基板とインプリントパターンの断面図。

【図11】(a)図は光リソグラフィー工程で用いるレチクルの断面図、(b)図は形成した感放射線レジストのパターンとインプリントパターンの平面図、及び(c)図は被加工基板と感放射線レジストの断面図。

【図12】(a)図は被加工基板に転写されたパターンの平面図、及び(b)図は被加工基板の断面図。

【図13】(a)図は光ナノインプリント工程で用いるテンプレートの第1の変形例を示す断面図、(b)図は形成したインプリントレジストのパターン平面図、及び(c)図は被加工基板とインプリントレジストの断面図。

30

【図14】(a)図は光リソグラフィー工程で用いるレチクルを示す断面図、(b)図は形成したインプリントレジストと感放射線レジストからなるマスクのパターン平面図、及び(c)図は被加工基板とマスクの断面図。

【図15】(a)図は光ナノインプリント工程で用いるテンプレートの第2の変形例を示す断面図、(b)図は形成したインプリントレジストのパターン平面図、及び(c)図は被加工基板とインプリントレジストの断面図。

【図16】(a)図は光リソグラフィー工程で用いるレチクルを示す断面図、(b)図は形成したインプリントレジストと感放射線レジストからなるマスクのパターン平面図、及び(c)図は被加工基板とマスクの断面図。

40

【図17】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第1の製造工程を示す断面図。

【図18】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第2の製造工程を示す断面図。

【図19】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第3の製造工程を示す断面図。

【図20】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第4の製造工程を示す断面図。

【図21】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するための

50

もので、光ナノインプリント法による第5の製造工程を示す断面図。

【図22】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、光ナノインプリント法による第6の製造工程を示す断面図。

【図23】本発明の第2の実施形態に係る半導体装置の製造方法について説明するためのもので、(a)図はテンプレートの断面図、(b)図はテンプレートのパターン配置を示す平面図。

【符号の説明】

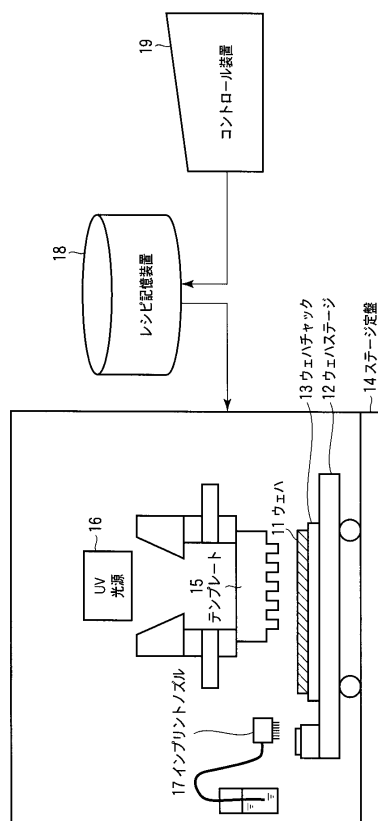
【0075】

11…ウェハ（被加工基板）、12…ウェハステージ、13…ウェハチャック、14…ステージ定盤、15, 36, 37, 40…テンプレート、16…UV光源、17…インプリントノズル、18…レシピ記憶装置、19…コントロール装置、20…光硬化性レジスト（インプリントレジスト）、20'、20A, 20B…インプリントパターン（マスク材パターン）、20R…マスク材の残膜、21-1～21-4…チップ、22…メインパターン領域、23…周辺回路パターン領域、24…ダイシング領域、25…アライメントマーク、26…破線、27…小さなパターン（第二の凹部パターン）、28A, 28B…特定パターン（第一の凹部パターン）、29…遮光パターン、30…感放射線レジスト、30'…感放射線レジストパターン、31…レチクル、35…溝、38…内側領域、39P…ポスト、39H…孔、41…孔、42…凹部、43…充填不良部。

10

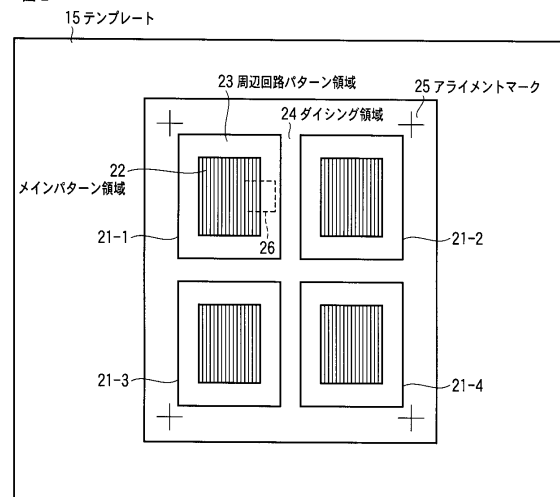
【図1】

図1



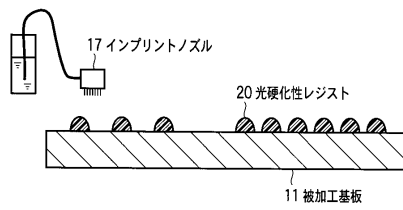
【図2】

図2



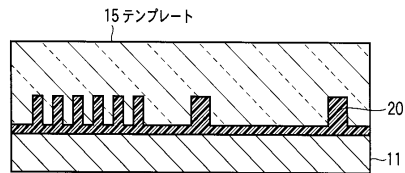
【図 3】

図 3



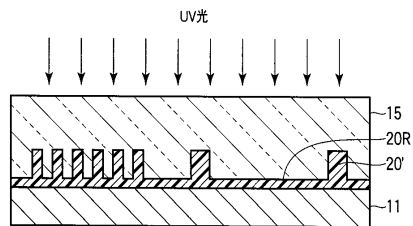
【図 4】

図 4



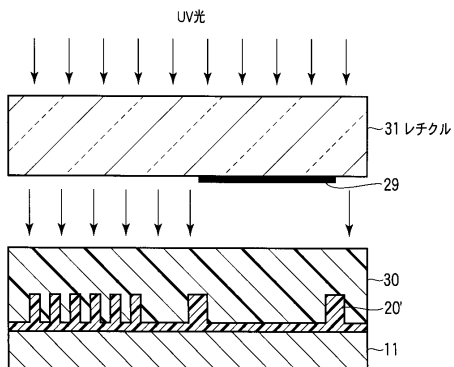
【図 5】

図 5



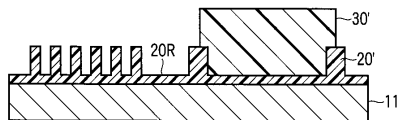
【図 8】

図 8



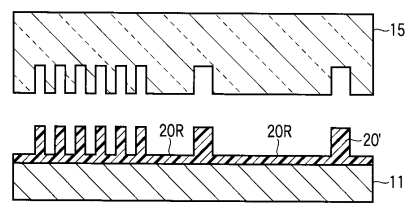
【図 9】

図 9



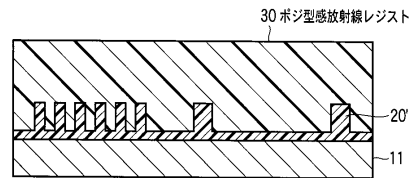
【図 6】

図 6



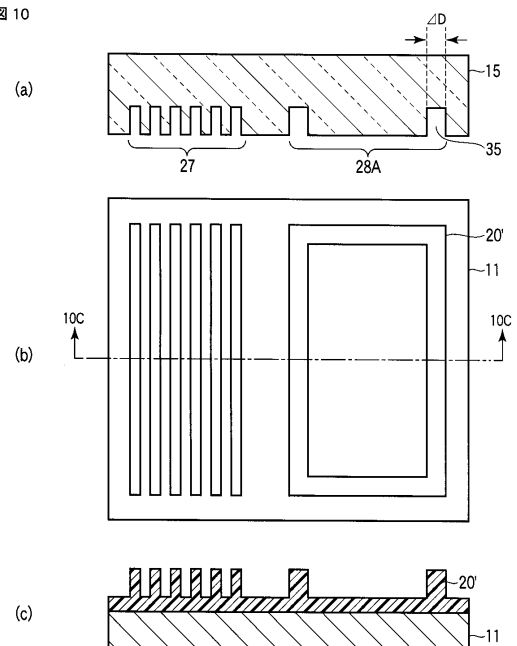
【図 7】

図 7



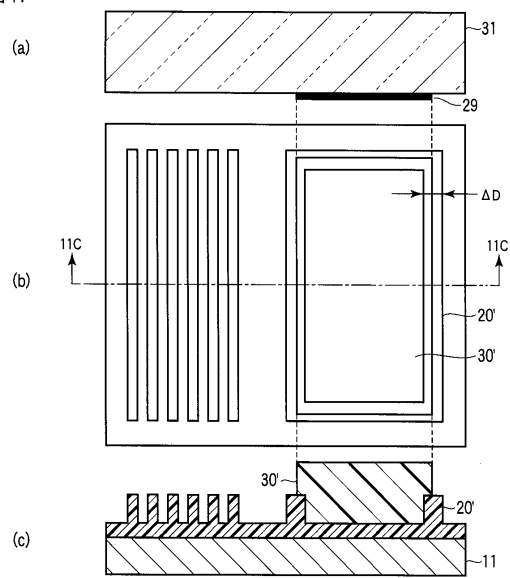
【図 10】

図 10



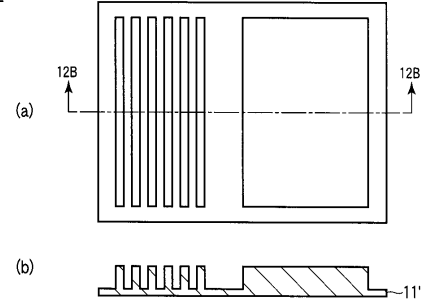
【図 1 1】

図 11



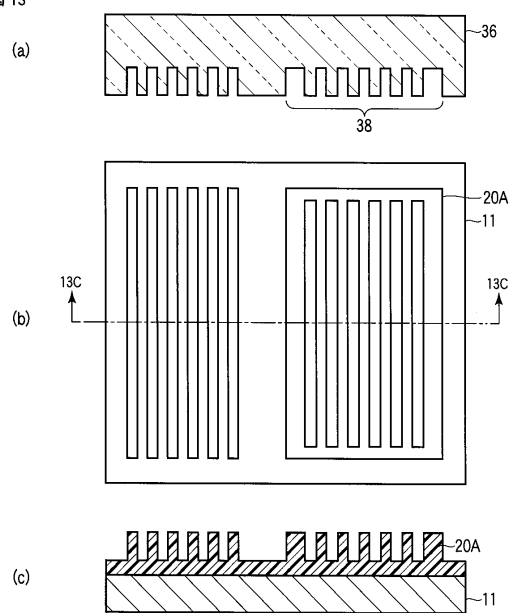
【図 1 2】

図 12



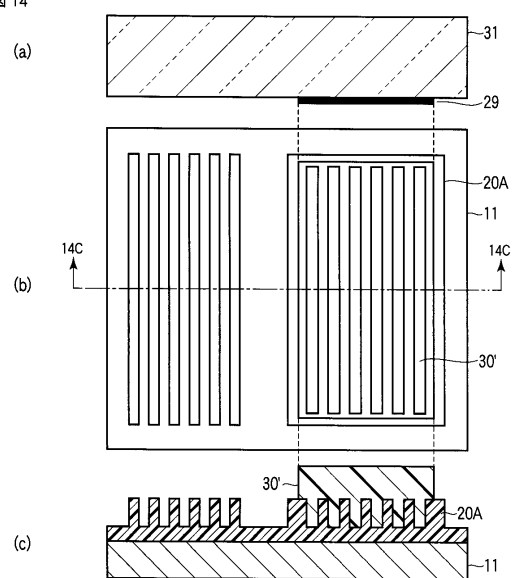
【図 1 3】

図 13



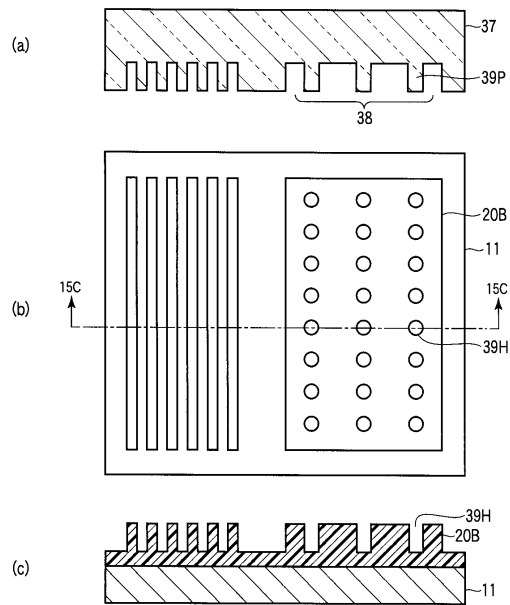
【図 1 4】

図 14



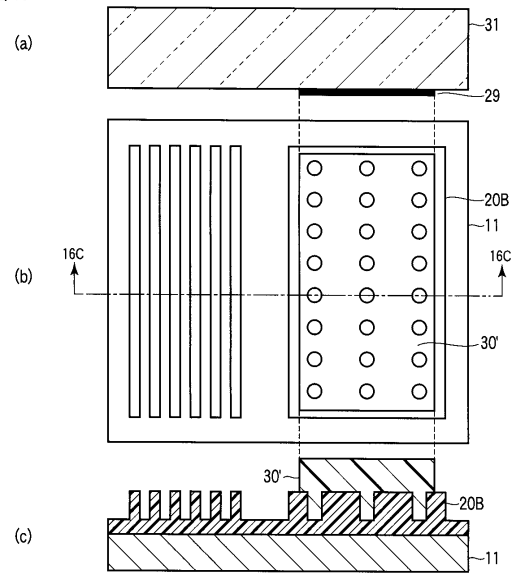
【図 15】

図 15



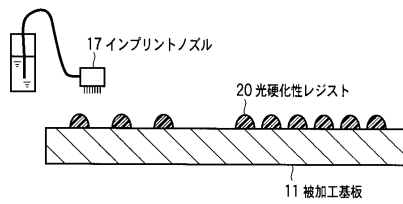
【図 16】

図 16



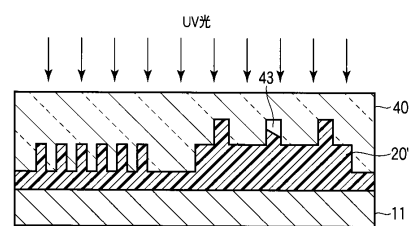
【図 17】

図 17



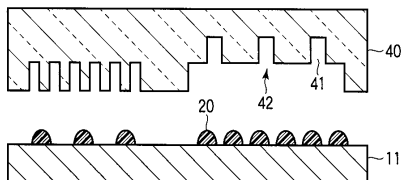
【図 20】

図 20



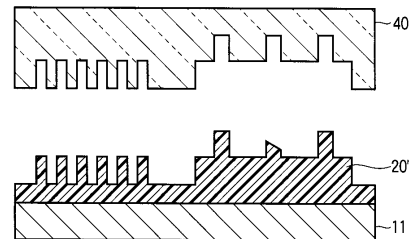
【図 18】

図 18



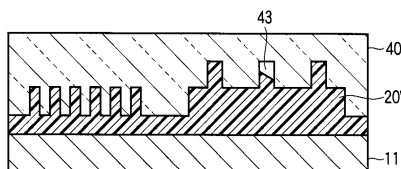
【図 21】

図 21



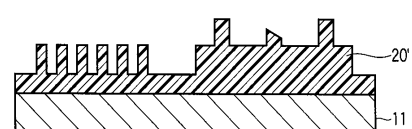
【図 19】

図 19



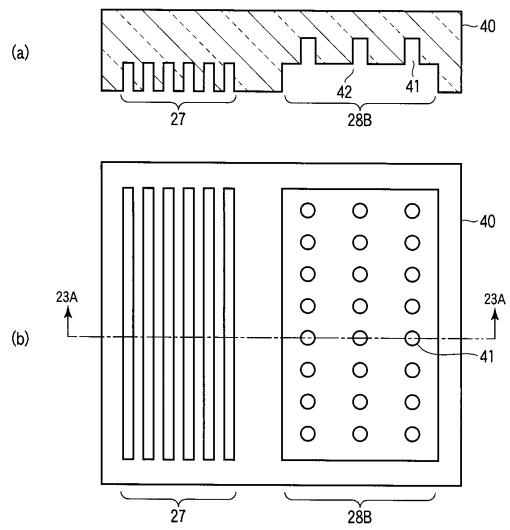
【図 22】

図 22



【図 23】

図 23



フロントページの続き

- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100119976
弁理士 幸長 保次郎
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘
- (74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100134290
弁理士 竹内 将訓
- (74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三
- (74)代理人 100141933
弁理士 山下 元
- (72)発明者 塩原 英志
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 伊藤 信一
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 植木 隆和

- (56)参考文献 特開2007-320098 (JP, A)
特開2007-326296 (JP, A)
特開2008-200997 (JP, A)
特開2008-247022 (JP, A)