

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2014-533211

(P2014-533211A)

(43) 公表日 平成26年12月11日(2014.12.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
B 2 9 C 59/02 (2006.01)	B 2 9 C 59/02 B	4 F 2 0 9
H 0 1 L 21/027 (2006.01)	H 0 1 L 21/30 5 O 2 D	5 F 1 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2014-532052 (P2014-532052) (86) (22) 出願日 平成24年9月22日 (2012. 9. 22) (85) 翻訳文提出日 平成26年5月19日 (2014. 5. 19) (86) 国際出願番号 PCT/US2012/056769 (87) 国際公開番号 W02013/044180 (87) 国際公開日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28) (31) 優先権主張番号 61/538, 489 (32) 優先日 平成23年9月23日 (2011. 9. 23) (33) 優先権主張国 米国 (US)	(71) 出願人 510276685 1 3 6 6 テクノロジーズ インク. アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O 1 7 3 0, ベッドフォード, プレストン コート 6 (74) 代理人 110000659 特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所 (72) 発明者 サチス, エマヌエル, エム. アメリカ合衆国, マサチューセッツ州 O 2 4 5 9, ニュートン, モアランド アベ ニュー 1 8 Fターム(参考) 4F209 AA49 AF01 AG05 AH81 AJ05 AR02 AR06 AR07 AR11 AR12 AR20 PA02 PB01 PC01 PC05 PN03 PN04 PN06 PQ11 最終頁に続く
---	--

(54) 【発明の名称】 間隙を残して底部充填し、スタンプを脈動刷ることを含む、スタンプを用いた基板上の軟質材料のインプリントを向上させる技術

(57) 【要約】

基板上の流動性レジスト材料にパターンを形成する方法は、スタンプくさび割工程中、レジストが基板とくさび形突起間のスタンプ底面との間の空間を完全に充填せず、間のすべての場所に間隙を残すようにレジスト層を極薄く設けることを含む。間隙はレジストとスタンプ拡張面との間に残る。蒸着されるレジスト層が目標量よりもやや厚い場合、単にレジストとツールとの間の間隙が小さくなる。連続的間隙の存在により、圧力がスタンプ下に蓄積されないように確保される。よって、突起への力がスタンプ上方の圧力によってのみ決定されて良好に制御され、適切に制御されたサイズの穴が形成される。間隙は、レジストがどの領域からも完全に押し出されてしまうのを防ぐので、該領域がレジストによって未被覆となるのを防ぐ。スタンプは基板と接触して脈動させて、凹ませる突起を繰り返し変形させることができる。通常の期間の通常のエッチングが基板材料を一掃する程度と比較するエッチングテストで判定されるとおり、何回かの脈動で1回の脈動よりもスカム層が一掃される。基板上の流動性レジスト材料にパターンを形成する方法は、

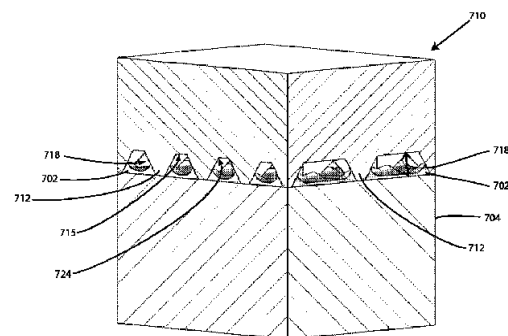


Fig. 7

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板に材料のパターンを形成する方法であって、

a．基板と、変形可能であり、相互に間隔をおいて配置される特徴を備えたスタンプとを設けるステップであって、前記特徴が前記スタンプの拡張面から突出し、長さを有するステップと、

b．前記基板の少なくとも 1 つの領域に、流動温度までの加熱後流動可能となる材料を設けるステップであって、前記材料が前記特徴の長さよりも小さい深さまで設けられるステップと、

c．前記突出特徴を前記流動性材料と接触させるステップと、

d．i．前記突出特徴が前記流動性材料を貫通し、

ii．前記基板との接触時、前記突出特徴が、前記流動性材料の表面の大部分にわたって流動性材料とスタンプ拡張面との間に間隙が存在するように変形する

程度まで、前記突出特徴に対向するスタンプの側に第 1 の圧力を印加するステップと、

e．前記流動性材料が流れるのに十分な温度まで流動性材料を加熱するステップと、

f．前記スタンプを後退させて前記基板の領域を覆うパターン化材料を露出させるステップと、

を備える方法。

【請求項 2】

基板に材料のパターンを形成する方法であって、

a．基板と、変形可能であり、相互に間隔をおいて配置される特徴を備えたスタンプとを設けるステップであって、前記特徴が前記スタンプの拡張面から突出し、長さを有するステップと、

b．前記基板の少なくとも 1 つの領域に、流動温度までの加熱後流動可能となる材料を設けるステップであって、前記材料が前記特徴の長さよりも小さい深さまで設けられるステップと、

c．前記突出特徴を前記流動性材料と接触させるステップと、

d．i．前記突出特徴が前記流動性材料を貫通し、

ii．前記基板との接触時、前記突出特徴が変形する

程度まで、前記突出特徴に対向するスタンプの側に第 1 の圧力を印加するステップと、

e．前記突出特徴の変形が低減される程度まで前記第 1 の圧力よりも小さい第 2 の圧力を印加するステップと、

f．前記突出特徴に対向するスタンプの側に前記第 2 の圧力よりも大きな圧力を印加するステップと、

g．ステップ f の前または間に、前記流動性材料が流れるのに十分な温度まで流動性材料を加熱するステップと、

h．前記スタンプを後退させて前記基板の領域を覆うパターン化材料を露出させるステップと、

を備える方法。

【請求項 3】

前記流動性材料を冷却するステップをさらに備えることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記流動性材料が流れなくなるまで前記冷却ステップが実行されることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記第 1 の圧力を印加するステップが、前記スタンプの前記特徴の所定の領域範囲が弾性的に変形して前記基板と密着するように圧力を印加することを備えることを特徴とする請求項 2 ないし 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

パターン化材料が、以前は流動性材料で被覆されていた、流動性材料によって被覆されない基板の少なくとも１つの領域を含むことを特徴とする請求項１ないし５のいずれか一項に記載の方法。

【請求項７】

エッチングテストによって判定するところでは、前記未被覆領域が被覆されない、請求項６に記載の方法。

【請求項８】

前記未被覆領域が前記スタンプの突出特徴に対応する請求項６又は７に記載の方法。

【請求項９】

前記スタンプが約５０ＭＰａ未満、好ましくは約０．５ＭＰａ～約３５ＭＰａ、より好ましくは約２ＭＰａ～１５ＭＰａの弾性係数を有することを特徴とする請求項１ないし８のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項１０】

前記パターン化基板に次のエッチング処理ステップを受けさせることをさらに備えることを特徴とする請求項１ないし９のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１１】

前記流動可能となる材料がワックスを備えることを特徴とする請求項１ないし１０のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１２】

前記流動可能となる材料が樹脂を備えることを特徴とする請求項１ないし１１のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項１３】

前記流動可能となる材料がロジンを備えることを特徴とする請求項１ないし１２のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１４】

前記材料が約１００ 未満の温度で流動性を有することを特徴とする請求項１ないし１３のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１５】

前記流動可能となる材料が前記流動温度で約５，０００～約５００，０００センチポアズ、好ましくは約２０，０００～約２００，０００センチポアズの粘度を有することを特徴とする請求項１ないし１４のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項１６】

前記流動可能となる材料が約２ 以上、好ましくは約５ 以上の温度範囲にわたって特定範囲内の粘度を有することを特徴とする請求項１５に記載の方法。

【請求項１７】

前記流動可能となる材料が少なくとも２つの構成要素を備えることを特徴とする請求項１ないし１６のいずれか一項に記載の方法。

【請求項１８】

前記スタンプに第１の圧力を印加するステップが、約０．５～約１０秒、好ましくは約１～約５秒の接触時間実行されることを特徴とする請求項２ないし１７のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項１９】

前記突出特徴が約２～約２０ミクロン、好ましくは約１０ミクロンの長さを有することを特徴とする請求項１ないし１８のいずれか一項に記載の方法。

【請求項２０】

前記流動可能となる材料を設けるステップが約５ミクロン未満の深さの材料を設けることを備えることを特徴とする請求項１ないし１９のいずれか一項に記載の方法。

【請求項２１】

前記流動可能となる材料を設けるステップが約０．７～約５ミクロン、好ましくは約３．５ミクロン未満の深さの材料を設けることを備えることを特徴とする請求項１ないし１

50

9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 22】

前記突出特徴が基部と先端とを有する特徴を備え、前記先端が丸められており、前記特徴が前記基部から前記先端へと径が漸減する略円形断面を有することを特徴とする請求項 1 ないし 21 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 23】

前記突出特徴が基部と先端とを有する特徴を備え、前記先端が少なくとも 1 つの側面に鋭利な点を有することを特徴とする請求項 1 ないし 22 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

前記突出特徴が少なくとも 1 つの側面に三角形断面を有する特徴を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 23 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 25】

前記突出特徴が少なくとも 1 つの側面に台形断面を有することを特徴とする請求項 1 ないし 23 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 26】

前記スタンプがピラミッド形に尖った突出特徴を備えることを特徴とする請求項 1 ないし 25 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 27】

前記基板を加工して光電池を形成することをさらに備えることを特徴とする請求項 1 ないし 26 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 28】

前記ステップ (d)、(e)、(f) が毎秒 1 / 2 脈動以上の頻度で実行されることを特徴とする脈動サイクルを規定する請求項 2 ないし 27 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 29】

第 1 の圧力を印加する前記ステップがゲージ圧で約 0.25 ~ 約 2 atm の圧力を印加することを備え、前記第 2 の圧力を印加するステップがゲージ圧で約 0.1 atm ~ 約 1 atm の圧力を印加することを備えることを特徴とする請求項 2 ないし 28 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 30】

前記ステップ (e) と (f) を少なくともさらに 2 回繰り返すことをさらに備えることを特徴とする請求項 2 ないし 29 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 31】

前記流動性材料と前記拡張面との間に間隙を存在させない材料の深さが材料の基準単位深さと称され、材料を設けるステップが、表面の大部分にわたる前記間隙が 0.9 ~ 0.3 基準単位の範囲を有するように材料を設けることを備えることを特徴とする請求項 1 ないし 30 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 32】

前記流動性材料と前記拡張面との間に間隙を存在させない材料の深さが材料の基準単位深さと称され、材料を設けるステップが表面の大部分にわたって 0.1 ~ 0.7 基準単位の深さで材料を設けることを備えることを特徴とする請求項 1 ないし 30 のいずれか一項に記載の方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連文書)

2011 年 9 月 23 日に提出された米国仮出願第 61 / 538,489 号「間隙を残して底部充填し、スタンプを脈動することを含む、スタンプを用いた基板上の軟質材料のインプリントを向上させる技術」の権利を主張し、その開示全文を引用により本文書に組み込む。

【0002】

50

米国を指定する P C T 出願が、E m a n u e l M . S a c h s らの名称で、U S P T O 電子出願システムを通じて代理人整理番号第 1 3 6 6 - 0 0 7 3 P C T 号「基板移送、ツール押下、ツール伸張、ツール撤退など、熱流動性材料コーティングにおいてツールによってパターンが形成される基板を取り扱い、加熱し、冷却する方法および装置」で同日に提出されており、該 P C T 出願は 2 0 1 1 年 9 月 2 3 日に提出された同名称の米国仮出願第 6 1 / 5 3 8 , 5 4 2 号に優先権を主張している。P C T 出願が同時係属出願として以下言及されており、引用により全文を本文書に組み込む。優先権仮出願も引用により全文を本文書に組み込む。

【背景技術】

【0003】

具体的な加工スキームおよびアーキテクチャが、E m a n u e l M . S a c h s 、J a m e s F . B r e d t 、マサチューセッツ工科大学の名称で、アメリカ合衆国を指定して 2 0 0 8 年 2 月 1 5 日に提出された特許協力条約出願第 P C T / U S 2 0 0 8 / 0 0 2 0 5 8 号「粗表面を有する太陽電池」に開示されており、該出願の国内段階は 2 0 1 2 年 9 月 4 日に米国特許第 8 2 5 7 9 9 8 号として発行された米国特許出願第 1 2 / 5 2 6 , 4 3 9 号であり、2 つの仮米国出願である 2 0 0 7 年 2 月 1 5 日に提出された第 U S 6 0 / 9 0 1 , 5 1 1 号と 2 0 0 8 年 1 月 2 3 日に提出された第 U S 6 1 / 0 1 1 , 9 3 3 号に優先権を主張している。P C T 出願、米国特許、特許出願、2 つの米国仮出願はすべて引用により全文を本文書に組み込む。これらの出願に開示される技術はまとめて自己整合セル (S A C) と称する。

【0004】

具体的な追加の加工方法および装置が、B e n j a m i n F . P o l i t o 、H o l l y G . G a t e s 、E m a n u e l M . S a c h s 、マサチューセッツ工科大学、1 3 6 6 インドストリーズ社の名称でアメリカ合衆国を指定して 2 0 0 9 年 4 月 1 7 日に提出された特許協力条約出願第 P C T / U S 2 0 0 9 / 0 0 2 4 2 3 号「凹凸表面のくさび形インプリントパターン形成」に開示されており、該出願の国内段階は米国特許出願第 1 2 / 9 3 7 , 8 1 0 号であり、2 つの仮米国出願である 2 0 0 8 年 4 月 1 8 日に提出された第 U S 6 1 / 1 2 4 , 6 0 8 号と 2 0 0 8 年 1 2 月 1 2 日に提出された第 U S 6 1 / 2 0 1 , 5 9 5 号に優先権を主張している。P C T 出願、米国特許出願、2 つの米国仮出願はすべて引用により全文を本文書に組み込む。本段落で言及した出願に開示される技術は本文書でまとめてくさび形インプリント技術またはくさび割技術と称するが、場合によっては、くさび形以外の形状を有する突起を使用することができる。関連出願は以下、くさび割出願と称する。

【0005】

概説すると、上記くさび形インプリント技術は方法を含む。光起電およびその他の用途のために特定テクスチャを有するパターン入り基板が作製される。図 1 、 2 、 3 、 4 、 5 、 6 に示されるように、基板は基板ウェハ 2 0 4 を覆うレジスト材料の薄層 2 0 2 に可撓スタンプ 1 1 0 の突起 1 1 2 を押しつけることによって作製される。使用されるスタンプツールは、ツールが予めレジスト 2 0 2 が被覆された基板またはウェハ 2 0 4 と接触して変形するほど軟らかい (通常はエラストマー) 材料から成る。図 3 は、レジスト 2 0 2 の表面 2 0 3 と接触するスタンプ 1 1 0 の突起 1 1 2 を示す。レジストは加熱後軟質になり、熱と圧力条件の下で突起 1 1 2 による刻印位置から離れるように移動し、突起に隣接する基板領域を露出させる。レジストは、スタンプがレジストに接触する前または後、あるいは前と後の両方、およびスタンプがレジストに接触している最中でも加熱することができる。次に、スタンプ 1 1 0 を適所に保持したまま基板が冷却され、図 5 に示されるようにスタンプが取り除かれ、基板の領域 5 2 2 が穴 5 2 1 の下で露出され、そこからレジストが除去されている。基板はさらに何らかの成型工程、通常はエッチング工程を受ける。基板の露出部分 5 2 2 はエッチングなどの作用によって除去され、レジストによって保護されている基板の部分は図 6 に 6 2 2 (エッチングで除去) と 6 2 3 (エッチングされていないか少ししかされていない) で示されるように残っている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

標準的な基板はシリコンであり、標準的なレジストはワックスまたはワックスと樹脂の混合物である。スタンプは何度でも使用することができる。スタンプの突起は、図示されるピラミッド形素子 1 1 2 のように相互に間隔をおいて分離させることができる。もしくは、くさび割出願に見られるように拡張されたくさび状素子とすることができる。もしくは、それらの組み合わせ、あるいはレジスト材料を最初の被覆状態から引き離すことができるその他の任意の適切な形状をとることができる。

【 0 0 0 7 】

よって、スタンプは、ワークピースを成型する別の成型ステップを後で受けるワークピース上のレジスト層にパターンを形成するために使用される。その後、ワークピースは光起電またはその他の用途で使うことができる。ワークピースに設けることのできるテクスチャは、たとえば、拡張溝、別々の間隔をおいて配置された穴、およびその組み合わせ、ならびにそれらの中間物などである。ワークピースにパターンを形成するにはプラテンまたは回転ベースの技術を利用することができる。拡張スタンプ素子を使用してスタンプの成型部分をワークピースの表面に確実に接触させることによって、粗い不規則なワークピース基板に対処することができる。プラテンの平行移動などの任意の適切な手段、好ましくは圧力差の影響を受けつつ平行移動する可撓膜上にスタンプを搭載することによって、ワークピース上にスタンプを保持させることができる。可撓膜は膨張される袋の一部とすることができる。くさび割出願に記載の方法および上記の方法は本文書ではくさび形インプリントまたはくさび割と称する。

【 0 0 0 8 】

図 4 に概略的に示されるようなくさび割の 1 つのアプローチでは、十分なレジスト 4 0 2 が提供され、インプリント作製工程中、ある体積のレジスト 4 0 2 が、基板 2 0 4 と突起 1 1 2 間のスタンプ 1 1 0 の拡張面 1 1 5 との間の体積 4 1 8 をほぼ完全に充填する（本文書では体積充填法（filled volume method）と称する）。（なお、図 3 および 4 は同じ縮尺ではない。）スタンプが取り外されると、図 5 に示されるように、突起 1 1 2 があった場所に開口部 5 2 2 が残る。

【 0 0 0 9 】

体積充填法は、ウェハに塗布されるレジスト層の厚さの均一性に非常に影響を受けることが観察されている。多すぎるまたは少なすぎるレジストは様々な課題を引き起こす。

【 0 0 1 0 】

くさび割法の一実施形態について別の点に目を向けると、スタンプは、膜の裏側に印加される圧力によってレジスト被覆基板に押圧される可撓膜に担持される。スタンプはより広い面積の膜と一体的に形成することができる、あるいは膜に固定される別個の素子とすることができる。概して、スタンプはいったん基板に向かってレジストに押しつけられ、接触した後、引きはがされる。

【 0 0 1 1 】

課題が生じることがある。時に、レジストの極薄膜が基板上に残る、すなわち、軟質スタンプによって完全に除去されず、最小限であっても被覆された基板を残す可能性がある。このいわゆるスカム被覆層は極薄であるが、不都合にエッチングの開始を遅延させ、エッチングを阻害することさえある。

【 発明の概要 】

【 0 0 1 2 】

本発明の一側面によると、設計者は、くさび割工程中、レジストが基板と突起間のスタンプ底面との間の空間を完全に充填せず、一帯にわたって間隙を残すように十分薄いレジスト層を提供する。すなわち、間隙がレジストとスタンプ拡張面との間に残る。蒸着されるレジスト層が目標量よりも幾分厚い場合、レジストとツール間の間隙が単に小さくなる。間隙の存在により、圧力がツールの下で蓄積する可能性が確実に排除される。その結果、突起にかかる力はスタンプ上の圧力によってのみ決定されるため、十分に制御され、穴のサイズが適切に制御される。

【 0 0 1 3 】

別の発明の側面によると、スタンプは基板と接触中に脈動させられる。たとえば、スタンプ（ひいては基板）に印加される圧力は高圧と低圧の間で変動して、凹ませる突起を繰り返し変形させる。場合によっては、通常の期間、通常のエッチングが基板材料を除去する程度に関する後述のエッチングテスト比較によって測定されるとおり、数回の脈動で、単独の脈動よりもスカム層を完全に除去し、基板をより好適に未被覆状態に残すことができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 4 】

本文書に開示される本発明のこれらおよびその他の目的および側面は、図面、上述の内容、および説明を参照することでよりよく理解される。

10

【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 くさび割に使用されるスタンプの概略図である（従来技術）。

【 0 0 1 6 】

【 図 2 】 図 1 のスタンプと、スタンプによってパターン形成されるレジストで被覆された基板の概略図である（従来技術）。

【 0 0 1 7 】

【 図 3 】 スタンプと図 2 の基板の概略図であり、スタンプの突起の先端がレジストにちょうど接触している（従来技術）。

【 0 0 1 8 】

20

【 図 4 】 スタンプと基板の概略図であり、スタンプの突起が基板に当たって変形および加圧されており、レジストは基板とスタンプ本体との間の空間をほぼ満たしている（従来技術）。

【 0 0 1 9 】

【 図 5 】 スタンプと基板の概略図であり、スタンプでのくさび割後のパターン形成されるレジスト被覆基板である（従来技術）。

【 0 0 2 0 】

【 図 6 】 図 5 に示すようなパターン形成されたレジストマスクを用いた、エッチング後の基板の概略図である（従来技術）。

【 0 0 2 1 】

30

【 図 7 】 アセンブリの角部から見たくさび割中の本発明のスタンプとレジストで被覆された基板の概略図であり、スタンプの突起は基板に押しつけられて変形しており、レジストは基板とスタンプ本体との間の空間を充填せずにその間に間隙を残している。

【 0 0 2 2 】

【 図 8 】 アセンブリの側面から見た図 7 のスタンプおよび基板の概略図である。

【 0 0 2 3 】

【 図 9 】 くさび割後の図 7 のスタンプおよび基板の概略図であり、構成要素が分離されてパターン形成された尖ったレジストが露出している。

【 0 0 2 4 】

【 図 1 0 A 】 脈動開始前のスタンプとレジスト被覆基板の概略図であり、スタンプ突起先端が基板を被覆するレジスト層を貫通し基板に接触しているが変形はしていない。

40

【 0 0 2 5 】

【 図 1 0 B 】 脈動開始時の図 1 0 A のスタンプとレジスト被覆基板の概略図であり、スタンプ突起先端がレジスト層を貫通し、基板に対して変形し平坦化している。

【 0 0 2 6 】

【 図 1 0 C 】 脈動終了時の図 1 0 A および 1 0 B のスタンプとレジスト被覆基板の概略図であり、スタンプ突起先端がレジスト層をやはり貫通し、変形していない。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 7 】

1 つまたはそれ以上の実施形態により、基板に塗布されるレジスト層の厚さの均一性に

50

さほど影響されない、レジストの塗布およびパターンニング方法が提供される。1つまたはそれ以上の実施形態に係る、レジストを塗布し、レジストにパターンを形成する方法は、どの程度の圧力が各突起圧子に印加されているかを略正確に判定し、突起のほぼ全部が突起と基板との間の全レジストを押しつけるのに必要な圧力を略均一化し、レジストに均一なサイズの穴を生成することができる。捕獲される空気は誤った非均一な圧力の箇所を生じさせるため、それにより不規則なサイズのレジスト穴を形成することがあるが、他の実施形態に係る、レジストを塗布し、レジストにパターンを形成する方法は、空気がレジストとスタンプツールとの間に捕獲されない。開示される方法およびシステムは信頼性が高く再現可能である。

【0028】

本文書では、スタンプと称するアイテムはツールと呼ぶこともある。突出し、レジスト材料に刻印を設けるために使用されるスタンプ素子は通常、突起と称する。圧子、突起、くさび、ピラミッドと呼ぶこともある。レジスト材料が提供され、その後パターンを形成される基板を、通常基板と称する。ウェハまたはワークピースと呼ぶ場合もある。基板に提供される材料は、レジスト、または流動性材料、または単に材料と称することができる。

【0029】

指定位置のレジストの十分量、好ましくは略全部を除去することで、許容可能な短時間のエッチング期間中に、ユーザがレジストを移動させた領域で十分なエッチングが行われる、基板上のレジスト層にパターンを形成する方法が提供される。

【0030】

エッチングレジスト材料の除去という概念について説明することが有益である。概して、レジストの目的は、保護被覆層を提供して、レジストが存在する基板材料のエッチングを防止することである。レジストにパターンを形成する目的は、エッチングが所望される基板領域からのみレジストを除去して、上記領域を未被覆状態にすることである。驚くべき発見であるが、場合によっては、白色光顕微鏡によって認知されるほど薄いレジスト層でさえ、通常の期間の通常のエッチング工程での十分なエッチングを防止することができる程度の厚さである。

【0031】

レジスト層排除（または基板表面からの除去／移動）が十分かどうかはエッチングテストを利用して確定することができる。よって、本明細書でレジスト材料が完全に除去される、あるいは十分に除去される、あるいは基板がレジストに被覆されない、あるいはスタンプが基板に接触すると言及される場合、少なくとも、通常のエッチング剤を使用する通常の期間での通常のエッチング動作により、下の基板のレジスト材料が許容可能な量まで除去されることを意味する。その場合、レジスト材料は基板から除去された、あるいは基板から一掃された、あるいはその時点でスタンプが基板に接触した、あるいはレジスト排除と類似の現象が発生したとみなされる。

【0032】

レジスト排除が十分か否かを判定するため、エッチングは以下の標準的なエッチング条件に基づき実証される。たとえば、適切なエッチング剤は、当業界でよく知られるように、硝酸とフッ化水素酸の混合物群である。当業界でよく知られるように、その他の酸や添加物も添加することができる。標準的なエッチングが構成され、シリコンのエッチング速度が分当たり0.5～5.0ミクロンの範囲となるように動作温度を選択することができる。適切なエッチングテストでは、わずか1ミクロンのシリコンのエッチングに必要な時間内で可視のエッチングがなされるべきである。たとえば、分当たり2ミクロンのエッチング速度をもたらしエッチングと温度が使用される場合、レジストで被覆されない領域を判断するために30秒以内に可視エッチングが発生すべきである。エッチングの発生はいくつかの手段によって判定することができる。多くの場合、気体の泡がエッチングの生成物として形成され、これらの泡は可視である。もう1つの方法は、指定時間（上記例では30秒）後にエッチングを停止し、レジストを除去して、ウェハを顕微鏡で調査してエッ

10

20

30

40

50

チング穴が圧子に相当する各部位で形成され始めているか否かを確かめることである。このレジスト除去テストは、本文書の数ヶ所で「エッチングテスト」と称する。

【 0 0 3 3 】

パターン形成工程の質および有効性に影響を及ぼす要因が多数存在する。関連要因は、レジスト材料の厚さ、レジストが流動性を有するような温度条件下での突起とレジスト材料の接触期間（以下、接触時間と称する）、レジスト材料の粘度、レジスト材料および突起材料の濡れ角、突起と拡張面 1 1 5 間に形成される凹状角部 1 2 4 に対するレジスト材料表面の近接、レジスト材料の流速、エッチング工程の期間、様々な厚さのレジストによって提供されるエッチングへの抵抗度などである。

【 0 0 3 4 】

また、先に概説したように、本発明の方法およびシステムを説明する際、スタンプ突起 1 1 2 が所望のサイズの穴 5 2 1 を達成するように所望の程度まで圧縮されると、基板ウェハ 2 0 4 の上面とスタンプ 1 1 0 の拡張面 1 1 5 間の全体積 4 1 8 にレジストが充填されるという基準状況を検討することが有益である。上記のいわゆる基準厚を提供するのに十分なレジスト材料の量は、後述するように以下レジストの一基準単位と称する。

【 0 0 3 5 】

レジスト厚で約 1 ~ (幾分任意) 約 1 . 3 (またはそれ以上) 基準単位の、基準単位よりやや多いレジストが塗布される体積充填法の場合を検討する。(1 . 3 の上限を例示のためのみ選択する。この問題を説明するのに妥当な値であるが、厳密な工学解析に基づくものではない。) この厚すぎるレジストが均一に塗布されると、穴は所望するよりも小さくなる。この厚すぎるレジストが局部的領域に塗布されると、その領域の穴は他の領域の穴よりも小さくなり、ウェハ全体にわたって穴のサイズが変動する。特定量の過剰なレジスト厚の場合、穴が全く生成されない。特に材料が流れねばならない流路の高さが約 1 0 ミクロンであることを前提とすると、関与する温度では材料の粘度が高すぎて、およそ数秒または数十秒の所要時間でおよそ数センチメートルの所要距離を移動できないため、レジスト材料は材料の多い領域から材料の少ない領域まで流れず、均等にならない。

【 0 0 3 6 】

また、たとえばレジスト厚で約 1 ~ (ここでも幾分任意) 約 0 . 8 基準単位の、基準単位よりもやや少ないレジストが塗布される場合の充填体積を達成しようとする試みを検討することも有益である。このような場合、突起 1 1 2 がスタンプ 1 1 0 の拡張面 1 1 5 と交差する凹状角部 1 2 4 (図 1 および 4) において生成される高い毛管吸引力のため、相当の領域でレジストが流出してしまう危険性がある。この領域のレジスト材料は毛管吸引力によって引きつけられ、保持される。この高い毛管吸引力により、既に薄いレジストを有する隣接領域は、後述するようにさらに流出する。(低い方の 0 . 8 単位という値は例示のためのみ選択する。この問題を説明するのに妥当な値であるが、厳密な工学解析に基づくものではない。)

【 0 0 3 7 】

たとえば、基準単位量のレジストがウェハ全体の大部分の位置で塗布されるが、数センチ程度の区画でほとんど塗布されない場合を検討する。この場合、基準単位のレジスト厚を有する領域全体で、レジストが凹状角部 1 2 4 を充填する結果、高い毛管吸引力を生成する。したがって、このような領域ではレジストを流出させることが比較的困難である。しかしながら、基準単位のレジスト厚よりも薄い区画では、レジストは凹状角部 1 2 4 に達せず、一部には流出に対抗する過剰な毛管吸引力がないために、このような領域はレジストを流出させることが比較的容易である。

【 0 0 3 8 】

レジストが突起の面 1 3 1 に達し、凹状角部 1 2 4 まで達するが、一対または一群の突起間の体積を完全に充填しない程度まで充填される第 1 の領域と、これよりも少ない程度まで充填される第 2 の領域との境界で重大な課題が発生する。この境界では、レジストが、最も充填されていない領域から角部 1 2 4 までおよびそれを越えて充填される領域へと引き寄せられる。スタンプの平坦拡張面 1 1 5 の一部は、一定の間レジストが存在しない

10

20

30

40

50

。しかし、凹状角部 1 2 4 での毛管吸引力は、そこに隣接する連続的な体積の隣接レジストに作用し続け、該レジストは隣接位置からの基板に近いレジストと液圧接続される。これにより、基板近傍で、突起の面 1 3 1 に沿い、そしてスタンプの拡張面 1 1 5 に沿ったレジストのソースからの流れが生じる。最終的に、この毛管吸引力近傍の空間の体積は充填することができる。しかし、隣接領域から流れてきたレジスト材料で充填され、その領域は完全ではなく、実際には基板の一部は被覆されない可能性がある。

【 0 0 3 9 】

よって、部分的に充填された領域は、その他の領域が完全に充填される、あるいは最も充填されていない領域が完全に空になるまで、最も充填されていない領域からレジストが流出し続ける不安定な状況に向かいがちである。いずれの場合も、基板の一部の領域は被覆されない、あるいは極薄層のみが残るというそれに近い状態になる。

10

【 0 0 4 0 】

基板表面の全体にわたって基準単位量のレジスト材料を提供できる場合、未被覆の問題は発生しない。しかしながら、妥当な努力では通常不可能である。この問題、および基準単位厚のレジスト材料を提供するのが困難である理由に関して理解を深めるには、完全制御工程のためのレジスト材料の基準単位について検討することが有益である。

【 0 0 4 1 】

レジストの基準単位は、エッチング後に基板に生じる所望の穴サイズから逆算することによって決定することができる。このサイズと工程状況にとって最善のエッチング期間とが分かれば、設計者は基板上のレジスト開口部に最適なサイズを決定することができる。

20

【 0 0 4 2 】

この最適サイズは、基板と接触する変形スタンプ突起の表面積と外周とによって達成される。よって、上記形状の断面積と外周の形状および範囲を予め決定することができる。本文書で使用されるように、領域範囲という用語は、基板と密接に接触させられて圧縮された突起部分の領域の形状、外周の形状、またはその両方を意味するために使用される。このことは、印加される圧力と圧子の接触力との間の力バランスが圧子の断面積を最も厳密に決定するため有益である。しかしながら、次のエッチング工程の特定の側面も、レジストの開口部の範囲に密接に関連する。

【 0 0 4 3 】

四角ピラミッドを例にとると、所望の開口部サイズは、伸ばした全体の先端約 3 分の 1 がつぶされるようにピラミッドを変形することによって達成され、穴は先端から 3 分の 1 の距離、すなわち基部から 3 分の 2 の距離に相当するピラミッドの断面の外周および面積によって画定される。レジストの基準単位深さは理論的には、突起の伸ばした全長の 3 分の 2 に相当するであろう。先端の 3 分の 1 がつぶされるようにスタンプが変形し平坦化されると、基準深さのレジストは、突起が伸びるスタンプの拡張面 1 1 5 と基板との間の体積 4 1 8 を完全に充填する。これは体積充填法での基準単位を構成する。突起が伸びるスタンプの表面 1 1 5 は、本文書ではスタンプ拡張面と称する。より具体的な例では、1 / 3 よりわずかに少ない圧縮を利用し、スタンプがピラミッド形突起の六角形アレイから成り、該突起が 2 0 ミクロンおきに配置され、ピラミッド形基部が 1 4 ミクロン、ピラミッド高が 9 . 9 ミクロンである標準的なケースを検討する。一辺が 4 ミクロンの穴をレジストに形成するには、ピラミッドの先端を約 2 . 8 ミクロン、基部に向かって移動させなければならない。ツールの拡張面とウェハ間の空間を充填するのに必要なレジストの量は、約 7 . 1 ミクロン厚の層となる。よって、この具体例における基準単位深さは 7 . 1 ミクロンとなる。なお、侵入する突起によって持ち上げられる体積を考慮しなくてはならないため、このレジストの基準単位は、基板に蒸着され、その後ツールによって接触および変形されるレジストの量ではない。やや薄い厚さまでレジストを蒸着させなければならない。基準単位深さは、ツールが適所に配置され、突起先端が所望のサイズの開口部を達成するのに必要な程度基板と接触して変形され、一部の材料を横方向に移動させることによって、圧子に隣接する領域の深さを増大させるときにレジスト材料が存在する深さである。

30

40

【 0 0 4 4 】

50

しかしながら、上述したように、この基準単位よりもわずかに薄いレジストが提供される場合、基板の未被覆という問題が発生する可能性がある。未被覆は、領域全体にわたり突起の10ピッチ単位もの多さで発生するおそれがある。

【0045】

基準単位量のレジスト材料が提供されたとしても、体積を充填しようとする際に直面するもう1つの問題は、空気がスタンプ110とレジストとの間で捕捉された場合にその空気を逃がす経路を見つけるのが非常に困難なことである。さらに、捕捉空気が存在する場合、ある領域から流れ出したレジスト材料が流れて、レジストのない領域（捕獲された空気など）を充填することによって、レジストが流れ出した領域の未被覆につながる上述したような不安定な状況が発生する可能性がある。

10

【0046】

こうした充填の課題に対処する本発明について論じる前に、基板に対する可撓圧子の運動を検討することが有益である。突起はスタンプへの圧力を増大させて加えることによって圧縮することができる。突起側壁は巻き込み、基板上に下りる。この巻き込みの動きは前方にあるレジストを押し出し、降下する突起と基板との間の空間からレジストを逃がすのに十分な経路を提供する。巻き込みとは、突起が基板上で滑らない作用を意味する。平坦な先端を有する圧子を使用される場合に起き得ることと対照的である。たとえば、錐台の圧子を検討する。このような場合、少量のレジストが圧子の下に捕捉されて、圧子の外周と基板間の環状の接触および封止により、レジストが逃れるのが妨げられる。

20

間隙の提供

【0047】

基準レジスト量の充填と関連して上述した問題は、レジスト厚を基準単位よりも少なく選択して、スタンプ工程中のスタンプの最大加圧時にスタンプとレジスト間に間隙を設ける本発明の有効な方法によって回避することができる。これは、図7、8、9に示されるようなくさび割工程で具体化される。概して、上述したように、作業者が少なすぎるレジスト充填量を提供しようとしたときに問題が生じる。これにより基板領域の一部が未被覆となる。本発明者は、体積を充填するのに少なすぎる材料を提供することに関連して上述した毛管吸引力の問題を招く量よりも一層少ないレジスト材料を使用する方法を利用することで有効な結果が得られるという驚くべき予測せざる状況を発見した。この新たに開示する技術は本文書では、間隙方法または間隙モードと称する。

30

【0048】

図7および8は、パターン形成工程中のスタンプ710、レジスト702、基板704を示し、図7はアセンブリの角から見た図を示し、図8は側面から見た同じアセンブリを示す。この方法によると、設計者は、非常に薄いために、くさび割工程中に通常は基板704と突起712間のスタンプの底部拡張面715との間の空間718をいかなる場所でもレジストが完全に充填せず、間に間隙を残すレジスト層702を提供する。しかし、レジストは当初および常時、基板の表面全体を覆う。すなわち、くさび割動作中ずっとレジストとスタンプの拡張面との間に間隙が残る。

【0049】

間隙を確立するのに適切なレジスト材料の厚さは、上述したように体積を完全に充填する基準単位厚よりもずっと薄い。上述したのと同じ基準単位で言うと、間隙を残す方法での目標レジスト厚は、約0.1～約0.7基準（完全充填）単位、より好ましくは約0.2～約0.4基準単位である。（基準単位に関しては、突起が適所で変形されたときのレジスト厚の尺度である。）間隙維持法の最大の利点は、目標値の周辺、すなわち目標値よりも上および下の両方でレジスト量の偏差を許容することである。

40

【0050】

間隙維持法は、最大約0.7基準単位まで目標よりも厚く蒸着されるレジストを許容する。たとえば、目標厚が0.3基準単位である場合、レジストは悪影響なく局地的に0.7基準単位の厚さにすることができる。これは、この深さでも、レジストが凹状角部124（図1）、724（図7）から十分深く取り除かれ、突起面131（図1）、831（

50

図 8) に沿って、さらには凹状角部 1 2 4、7 2 4 までもレジストが登る可能性が低いからである。(場合によっては、これらのアイテムをスタンプのみを三次元図で示す図 1 を参照して言及することがより有効であり、時には角図の図 7、側面図の図 8 を参照して言及することがより明瞭である。) よって、体積充填法と関連して上述したように、レジストを他の領域から流出させる高い局地的毛管吸引力が発生する状況は生成されない。ただ間隙が一部の領域でやや薄くなるだけで、これは何の問題も招かない。

【0051】

間隙維持法は、目標よりも薄いレジスト量も許容する。たとえば、目標厚が 0.3 基準単位である場合、レジストは突起間のエッチングに抵抗するに十分なレジスト厚を保持しつつ、局地的に約 0.1 基準単位の薄さにすることができる。なお、適切に機能する間隙維持法を実施する際、突起に向かうレジストの非常に局地的な移動は発生し、レジストの部分 8 3 3 は突起 1 1 2 (図 1)、7 1 2 (図 8) の面 1 3 1 (図 1)、8 3 1 (図 8) を途中まで登る。この結果、突起 1 1 2、7 1 2 間の領域 8 3 5 においてレジストは幾分薄くなる。どのような薄化も、パターン形成ステップの時間と温度を最小化することによって最小化すべきである。しかしながら、上昇するレジスト 8 3 3 は凹状角部 1 2 4、7 2 4 には達しないため、体積の充填を試みる底部充填方法 (under-filled method) に関連して記載した毛管吸引力の不安定な状況は発生しない。

【0052】

図 7 に戻ると、スタンプが、裏側に印加される圧力によってレジスト被覆基板に対して下方に押しつけられている。その結果、スタンプのピラミッド形突起 7 1 2 の先端 7 1 3 は基板 7 0 4 に当たって平坦化される。形成される平坦領域のサイズ (外周および表面積) と形状が、基板表面でレジスト層 7 0 2 に形成される開口部 9 2 1 のサイズと形状を画定する。穴のサイズは、エッチングを防止するのに十分厚く、上述の充填方法における充填の課題を招くほど厚くない限り、レジスト厚に左右されない。レジスト材料の量、突起 7 1 2 の弾性、スタンプ 7 1 0 に印加される力はすべてバランスが取れているため、レジスト材料 7 0 2 の表面と突起 7 1 2 間のスタンプ 7 1 0 の拡張面 7 1 5 との間には常に間隙 7 1 1 が残る。スタンプの標準的な弾性係数は約 0.5 MPa ~ 約 3.5 MPa で、好適な範囲は約 2 MPa ~ 約 1.5 MPa である。

【0053】

また、間隙 7 1 1 の存在は、圧力がツールの下に蓄積されないように確保する。その結果、突起にかかる力はスタンプ上の圧力によってのみ決定されるため、良好に制御され、適切に制御されたサイズの穴を形成する。突起を加圧する力は、ツール上方の圧力による最大加圧時にバランスが取れている。

【0054】

図 8 を参照して重要な課題を理解する。この課題は先に概説してある。

【0055】

レジスト層は、最初図 2 の 2 0 3 のように基板に塗布されたとき平面であるが、くさび割後のレジストの上面 (穴は無視する) はもはや平面ではない。レジスト 8 3 3 は、突起 7 1 2 の面 8 3 1 に沿った毛管作用引力により、レジストと接触するスタンプ 7 1 0 の突出部分 7 1 2 に向かって移動している。この移動は迅速に発生し始める。毛管作用が長時間継続し、レジスト材料があまりに上方高くまで流れた場合、新たな課題が生じる可能性がある。これにより、レジスト 8 3 3 はくさび割スタンプに隣接する最も高い位置に達して、そこでピークを形成する。

【0056】

面 8 3 1 に沿って移動したレジストは、他の領域 8 3 5 から移動した。これにより材料が移動した領域にはほとんどが全くといっていいほどレジストが残らず、有効にエッチングに抵抗することができない。このような未被覆領域 (これらの図面には図示せず) は不所望の位置に発生して、エッチングにさらされる領域を残すことがある。通常、レジストが少なすぎる状況では、未被覆領域の範囲はかなり小さくなり、たとえば、流入移動を経験した突起からわずか数突起ピッチの距離にわたる。対照的に、体積充填法での底部充填

10

20

30

40

50

例では、上述したように、未被覆領域が数十または数百の突起ピッチの距離にわたって延在する。（間隙が維持されるときレジストレベルは非常に低く、レジストは凹状角部 724 に達せず、凹状角部の追加毛管吸引力が発生しないため、間隙を維持する際に遭遇する問題は空間を充填する際に遭遇する上述の問題とは大きく異なる。）

【0057】

しかしながら、上述したように、少なすぎるレジスト材料による間隙法の問題にもかかわらず、基板を覆わずに許容可能な、最適な（間隙を残す）量前後のレジスト厚範囲が存在する。単に完全な未被覆を避けるのではなく、くさび割工程後、基板がエッチングされないことが望ましい位置で、通常のエッチング工程中にエッチングが発生しないだけの十分なレジスト材料が残るようにレジスト材料の量が十分であることが重要である。

10

【0058】

ツールとレジスト間の間隙は上述したように、公差の範囲内でウェハの表面全体で一致することが重要である。レジストは約 0.1 ~ 約 0.7 基準単位で充填されると上述した。つまり、対応する間隙厚は約 0.9 ~ 約 0.3 基準単位となる。

【0059】

図 8 に戻ると、突起上へのレジスト 833 の移動量は、レジストのスタンプに対する濡れ角を制御することである程度制御することができる。これは本発明の側面である。よって、スタンプに対するレジストの濡れ角を可能な限り高く（できる限り濡れがない）して、このように突起側のレジストの毛管作用上昇を制限することが望ましい。図 8 では、濡れ角は約 90 度として示されている。濡れ角が小さければ（すなわち、濡れが良好であれば）、レジストはスタンプ 710 の突起 712 の面 831 をより高く上昇し、図示される例ではピラミッド形をとる。

20

【0060】

しかしながら、スタンプとレジスト材料は多数の考慮事項および多数の適切な組み合わせを満たすことに基づいて適度な濡れ挙動を示すため、この点に関しては制限された量しか制御できない。すなわち、レジスト材料とスタンプのどの適切な組み合わせも等しく濡れ性を有することが判明する場合があるため、濡れ角のみを調節することによってレジスト材料の突起面への上昇を制限することが困難である。さらに、このような濡れ角は、スタンプが摩耗するにつれ時間の経過と共に変動する可能性がある。たとえば、スタンプ表面の化学組成は、過去の作動からのレジストとの相互作用により時間と共に変動する可能性がある。また、摩耗から生じることのある表面の傷やその他の機械的凹凸も濡れ角に影響を及ぼす可能性があり、通常は濡れ角を低減させる。

30

【0061】

よって、材料の濡れ角の選択によって工程を制御することに加えて、その他の側面を制御すべきである。くさび割中のレジストの流動を正確に制御することは本発明の側面である。本発明の別の側面は、レジストが流動可能な状態にある時間を制御し、概して最小化することである。レジストは、ツールの突起がその下のレジストを移動させ、レジストの下のウェハと接触して、エッチングが通常の期間の通常のエッチング動作中に行われる程度まで、突起にあるレジストを十分に除去することができるよう十分な流動性を有していなければならない。逆に、通常のエッチング期間中にエッチング液を阻止する少なすぎるレジストの未被覆領域を招くため、レジストは突起間の領域を離れ突起の隣接領域まで、そして突起に沿って上昇するほどに、過度に流れる流動性を有してはならない。レジストの移動範囲がこの比較的狭い範囲に収まるように接触期間を制御することは本発明の一部である。この移動範囲は、レジストが流動性を有する間にスタンプが高温レジストと接触する期間である接触時間の関数と理解される。工程公差について相対的に述べると、工程を実行できる接触時間が短いと、レジストはやや高い流動性の状態を維持することができる。概して言えば、約 1 ~ 約 10 秒の接触時間を前提とすると、レジスト粘度は約 5,000 ~ 約 500,000 センチポアズの範囲となることが分かった。約 20,000 ~ 約 200,000 cP の範囲が好適である。（場合によっては、接触時間はわずか 0.5 秒とすることができる。好適な範囲は約 1 ~ 約 5 秒である。）

40

50

【 0 0 6 2 】

概して、主要な制御は粘度と接触時間に基づく。設計者は、接触時間中、レジストが基板領域を被覆しない、あるいは許容不能にしか縮小させないほど突起に沿って遠くまで移動する見込みがないように粘度を調節しようとする。材料選択、スタンプ摩耗、交換、表面処理などを通じて濡れ角を制御することで、可変であるが効果は小さい、別の制御を提供できる。濡れ角はスタンプに沿った液体の最大移動距離だけでなく、その移動速度にも影響を及ぼす。

【 0 0 6 3 】

本明細書全体を通じて、粘度という用語はレジストの流動を特徴付けるために使用されると理解される。レジストはニュートンまたは非ニュートン挙動を発揮することができる。さらに、レジストは降伏応力を有することができる。

10

【 0 0 6 4 】

レジスト材料の少なくとも1つの構成要素としてワックスを使用することが特に有益である。ワックスは、比較的低い融点と非常に低い粘度での溶融を一般的特性として有する広範囲のポリマーを含む。ワックスは、低融点により通常100 未満の温度でくさび割工程を実行できる点で有益である。このため、レジストとスタンプ間の化学的相互作用が低減され、スタンプの材料のくさび割機器のその他の側面の選択肢が広がる。また、比較的低い温度はおそらく、くさび割に必要な温度サイクルが非常に速く、より高温での工程のように大きなエネルギーコストを必要としないことを意味する。低粘度でのワックス溶融は、くさび割が軟質ツール - ゴム製スタンプ - で実行できるために有益である。さらに、低粘度により、くさび割をスタンプ（ひいてはウェハ）に極低い圧力を印加して迅速に実行することができる。（この状況では、200, 000または500, 000と高い粘度でも、ポリマー溶融の約1000万の粘度と比較して非常に低いとみなされることを再度繰り返しておく。）

20

【 0 0 6 5 】

ワックスは、ワックス溶融の低粘度状態を利用することによって処理することができる。たとえば、ワックスは一部のインクジェットプリント装置ではいわゆる墨として利用される。しかしながら、ワックスに関連する低粘度溶融の魅力はまさに、レジストが非常に流動的すぎて、エッチングに抵抗するくさび割り後の突起間の領域で不十分なレジスト厚につながる状況を極めて招きやすいことを意味する。本発明の一側面は、ワックスおよびワックスを含む混合物が所望の粘度範囲で制御可能に使用できると認識することである。

30

【 0 0 6 6 】

ワックスを使用し、接触期間中、所望の粘度範囲に維持するため、いくつかの考慮事項を観察すべきである。ワックスベースのレジストは、粘度が所望の範囲に収まる約2 以上、好ましくは約5 の温度範囲を許容することができるべきである。これはいくつかの一般的なワックスを除外する。たとえば、純パラフィンワックスは軟固体状態から低粘度（通常は、100 c p s 未満）溶融状態へと急に移動する。ワックスベースのレジストは、温度の関数である流動特性が異なる2つまたはそれ以上の異なる構成要素の混合物であることが特に好都合である。このような組み合わせ組成、たとえば、ワックス、樹脂、ロジン、は、所望の粘度範囲を満たすことのできる比較的広い温度範囲を提供する。接触時間中の処理温度は名目溶融温度未満を保つべきである。また、接触時間中、ウェハ全体にわたって非常に精密な温度管理、好ましくは+ / - 1 の管理を維持することが重要である。

40

【 0 0 6 7 】

図9は、基板704から撤収されたスタンプ710を示す。なお、ピラミッド形突起712は、鋭利な点713を有する元の形状に戻っている。図9は、レジストを通じてパターン形成された略正方形の開口部921を有するレジスト層702と、開口部周囲の尖った境界部も示す。次のステップで、基板704は露出したシリコンをエッチングするエッチング液にさらされる。パターン形成された穴921は略正方形として示されているが、突出ピラミッドの変形は実際には、角部にわずかな突出部（図示せず）を形成している。

50

図 9 は、隣接穴 9 2 1 も示し、レジスト層 7 0 3 の表面 7 0 2 は隆起部分 9 2 7 を有し、そこでレジスト 8 3 3 (図 8) は突起 7 1 2 の面 8 3 1 に沿って引き上げられている。レジストはこの隆起構造で固化する。

【 0 0 6 8 】

上述の説明は 4 面を有するピラミッド形突起を備えたスタンプという状況だが、円錐および丸められた先端や円柱状突起 - いずれもレジストに円形穴を形成する - などのその他の突起形状も可能である。別の有利な形状の突出特徴は、放物線の回転によって作成される。このような形状では、圧子はスタンプの拡張面と接触する基部で最大径を有し、そこから径は圧子の先端に向かって連続的に低減する。スタンプ裏側の圧力が増加し、突起が基板に押圧されるにつれ、レジストが除去されるように先端が丸められている。さらに、突起本体が次第に幅広になる (先端から基部へ) ことで、水平方向の安定性が高まり、加圧されている間に圧子が曲がる可能性が最小限となる。

【 0 0 6 9 】

インプリント動作中、レジスト被覆基板は温度制御されたチャックに配置され、真空印加によってチャックに保持させることができる。チャック温度は、加熱および冷却流体を通過させることによって制御することができる。パターン形成サイクルは、レジスト被覆基板をチャック上で加熱することと、通常はスタンプ裏側の圧力印加によってスタンプをチャックに押しつけることから成る。その後、基板とレジストは、スタンプを適所に置いたまま冷却することができる。最後に、通常は可撓スタンプを剥がすことによって、スタンプがレジスト被覆基板から取り外される。接触時間は、スタンプがレジストおよび基板と接触する時間である。総サイクルは数秒と短くてもよい。

【 0 0 7 0 】

レジストの穴のサイズは、突起 7 1 2 の変形量によって有利に決定することができる。この変形量は個々の突起にかかる力によって決定される。その力は、スタンプの裏側に圧力を印加することによって制御することができる。スタンプは可撓性を有するため、基板が完全に平坦でない場合でも、突起の有効局地的領域全体で平均の力を良好に制御することができる。

【 0 0 7 1 】

概して、各突起にかかる力は、各横方向でスタンプのいくらかの厚さに等しい距離に及ぶ面積にわたってほぼ等しい。静水圧が流体に蓄積されない間隙維持法の長所は、スタンプにかかる圧力と、既知の量の突起の加圧によって生成されるバネ力のみを検討することによってスタンプにかかる力を規則的に決定できることである。静水流体圧がない場合、これらの力 (圧力とバネ力) は突起の最大変形地点でバランスが取れる。よって、横方向でスタンプのいくらかの厚さと同程度またはそれ以上である、レジスト材料厚の凹凸、基板の平坦性、またはその両者の組み合わせに関しては、凹凸領域内の各突起にかかる力はほぼ等しく、当該凹凸領域外の十分に大きな領域での各突起にかかる力と同様にほぼ等しくなる。凹凸領域から隣接領域への移動近傍での突起にかかる力は、上述の大きな領域での力ほど一定ではない。一例として、スタンプは約 0 . 3 mm の平均厚を有し、突起は約 0 . 0 1 mm (1 0 ミクロン) (通常、約 2 ~ 約 2 0 ミクロンの範囲) である。このようなスタンプは、2 つの直交方向のそれぞれにおいて少なくとも約 0 . 7 mm に及ぶ領域にわたって突起に均等な圧力がかかる。その範囲よりも小さな凹凸の場合、そのような凹凸において突起にかかる力は、その他のより均一な領域で突起にかかる力に特に近くない。スタンプは、約 0 . 0 5 mm ~ 約 1 mm の全体厚さ範囲を有することができ、好適な範囲は約 0 . 1 ~ 約 0 . 5 mm である。より薄いスタンプの方が、表面凹凸と基板の粗さに合致することができる。薄く、そのため非常に可撓性の高い可撓スタンプと、スタンプの裏側に印加される静水圧との組み合わせることで、粗い起伏表面上に正確にパターンを形成するシステムを提供することができる。

【 0 0 7 2 】

印加される力と各突起の弾性または剛性の組み合わせが、変形した突起 7 1 2 と基板 7 0 4 間の接触領域のサイズを決定する。これがレジストの開口部 9 2 1 のサイズも決定す

る。レジスト 702 と突起 712 間のスタンプの拡張面 715 との間には常に間隙 711 が存在するため、空気が自由にこの間隙を通過し、スタンプの側面から逃げることができる。その結果、空気に圧力が蓄積しないため、すべての突起にかかる正味の力は、スタンプの裏側に印加される圧力によって決定される。

【0073】

空気をスタンプとレジスト / 基板との間から確実に逃がすために、スタンプによる基板の縁部の封止を回避すべきである。

【0074】

体積の充填を試みる方法と比較して、本文書に開示するレジスト層とスタンプ表面間に間隙を設ける方法には多くの利点がある。

【0075】

上述したように、動作範囲が大きすぎず、レジストが少なすぎない限り、レジスト層 702 の絶対厚は重要だが必須ではない。

【0076】

提供されるレジストの量は、エッチング後に基板に生じる所望の穴のサイズを逆算することによって決定することができる。このサイズと、工程状況にとって最善のエッチング期間とが分かれば、設計者は基板上のレジスト開口部の最適サイズを決定することができる。この最適サイズは、基板と接触する（エッチングテストによって規定される接触）変形スタンプ突起の領域範囲によって達成される。たとえば、四角ピラミッドを例にとると、所望の開口部は、伸ばした全体の先端 3 分の 1 がつぶされて、穴が先端から 3 分の 1、基部から 3 分の 2 の距離でピラミッドの断面の外周によって画定されるようにピラミッドを変形することによって達成可能である。レジストの深さは、突起の伸ばした全長の 3 分の 2 よりもずっと小さくなくてはならない。さもなければ、スタンプが先端の 3 分の 1 つぶれて平坦化するように変形したとき、スタンプ本体と基板の間の体積が完全に充填されてしまう。それは、体積全体の充填を試みる方法の上述した課題のすべてを必然的に伴う。よって、間隙維持法の場合、突起がスタンプ接触時間で所望の穴サイズを達成するのに必要な程度変形されるときにレジストの略表面全体に間隙を残すように十分な底部充填（under-filling）がなされなければならない。上述したように、この体積を充填する充填程度は約 0.1 ~ 0.7 基準単位の範囲のいずれかである。現在の工程制御能力では、0.7 基準単位超の問題となる充填程度を確実に回避することができる。

【0077】

より正確を期すため、体積充填法と関連して上述した例を引き続き使用し、基準単位の尺度として、スタンプがピラミッド形突起の六角形アレイから成り、該突起が 20 ミクロンおきに配置され、ピラミッド形基部が 14 ミクロン、ピラミッド高が 9.9 ミクロンである標準的なケースを検討する。完全に充填された体積で、一辺が 4 ミクロンの穴をレジストに形成するには、ピラミッドの先端は約 2.8 ミクロン、基部に向かって移動させなければならない。ツールの拡張面とウェハ間の空間を充填するのに必要なレジストの量は、約 7.1 ミクロン厚の層となる（圧子の変形したとき）。よって、基準単位深さは 7.1 ミクロンとなる。したがって、間隙を維持する本発明の方法の場合、充填の程度は 0.1 ~ 0.7 基準単位であり、レジストを 0.7 ~ 5 ミクロンの深さまで平行移動させる。

【0078】

突起は、最終生成物の設計に応じて約 5 ミクロン ~ 約 100 ミクロンまたはそれ以上分離させることができる。高さは最終生成物の設計に応じて約 2 ミクロン ~ 約 100 ミクロンまたはそれ以上にする事ができる。通常、小さな圧子の方が間隔を接近して配置されるが、これは必ずしも必要ではない。

【0079】

上述の説明をまとめると、間隙維持法にとって適量のレジスト材料は、スタンプが基板に押しつけられ、適正量の領域範囲の変形突起が基板に接触する程度に変形される結果、固化した後レジスト材料に適切なサイズの穴が形成され、スタンプ除去後、接触時間全体でレジスト表面とスタンプ拡張面との間に間隙が残る量である。さらに、望ましくは基板

10

20

30

40

50

全体の領域が、接触時間中、被覆されたままである。さらに、エッチングテストに基づき、レジスト被覆領域全体で、エッチングに抵抗する深さまでレジストが存在する。絶対的な要件ではないが、有効なガイドとしては、体積を充填するレジスト材料は約 0.1 ~ 約 0.7 基準単位、好ましくは約 0.2 ~ 約 0.4 基準単位供給される。

【0080】

突起にかかる力のみがスタンプの頂部に印加される圧力に対抗するため、レジスト層 702 の穴 921 のサイズは正確に制御される。すなわち、レジストはたとえば突起間の拡張面 715 でスタンプの過半数と接触していないため、静水圧がレジストで発生しない。

【0081】

レジスト被覆基板とスタンプ間からスタンプ周囲の環境へと空気を逃がす連続流路が存在する。

10

【0082】

体積充填法よりもレジストとスタンプ間の接触面積が小さいために、引き剥がし（窪み位置からのスタンプの撤収）がより容易になる。また、スタンプが引き剥がされると空気が入る経路がスタンプとレジスト層間の空間に生じることによって吸引が避けられる。

【0083】

本発明の間隙維持法は、比較的低い温度で実行される。この比較的低い温度は、レジストの粘度が過剰なレジスト移動を防ぐのに十分高くなるように利用される。よって、スタンプがさらされる温度を制限することによって、スタンプ寿命を延長し、スタンプに使用される材料の幅を広げることができる。

20

【0084】

さらに、基板の温度変動の大きさを制限することによって、構造の材料の選択を柔軟にし、温度の上下動に必要な時間とエネルギーを許容可能に低減することができる。

【0085】

よって、レジストとスタンプ本体間に永続的に間隙を設けるくさび割工程を行うことによって、多数の問題が解決し、再現可能で経済的な結果が得られる。

【0086】

なお、間隙を残す利点の大半は、ウェハ基板の一部の領域にレジストが充填される場合でも保持される。言い換えると、連続間隙がレジストの表面全体にわたって存在しない場合でも利点が生じる。たとえば、レジストの 10% が間隙を残すには大きすぎる厚さ - すなわち充填状態につながる厚さ - で蒸着された 156 x 156 mm のシリコンウェハ基板を検討する。たとえば、これらのレジストの厚い領域を、ウェハにわたって 1 ~ 5 mm 径のスポットとして分布させることができる。これらのスポットが充填状態となる一方、残りのウェハには間隙を残したままにすることができる。さらに、充填されるスポットの穴サイズは間隙領域の穴サイズと同一である、あるいは非常に近い。これは、各充填領域のサイズが非常に小さいため、レジスト自体がスタンプに有意な圧力を印加しなくなるまでレジストは水平方向に流れることができ、スタンプの平衡状態はスタンプの裏側に印加される圧力と圧子の変形との間のバランスによって決定されるからである。概して、間隙がツール表面積の少なくとも過半数に存在する場合は間隙方法の利点が得られると考えられる。

30

40

スタンプ脈動

【0087】

本文書に開示される発明の他の群は、各突起位置で全レジストを除去してスカム層を残さないという上述の課題に対処する。上述したように、レジストスカム層が残らないということは、通常のエッチング動作中のエッチングを阻まないごくわずかな量を意味する。これらの発明は、凹ませる突起を繰り返し変形させてスカム層を一掃することを含む。これらの発明は通常、脈動またはタッピング動作を含むと称される。

【0088】

一実施形態では、図 10A、10B、10C に概略的に示されるように、スタンプ 1010 の膜の裏側に圧力を印加することによってレジストに最初の刻印を行った後、圧力が

50

低減され、その後いくつかの連続脈動サイクルで増大される。最初に、接触前に、突起 1012 は、レジスト層 1002 を通過して押し、基板ウェハ 1004 の表面に接触する尖った先端 1013 を有する。(突起の先端が完全に基板に接触するか、あるいは実際には極薄層のレジスト材料が介在しているかは分からない。) 圧力が増大するにつれ、スタンプ突起 1012 は図 10B に示されるような略平坦先端構造 1022 に変形する。突起は変形すると、巻き込み、変形部の直下位置から離れるようにレジスト 1002 を押す。次に、圧力が低減されて、突起は尖った形状に戻る。次いで、圧力が再印加され、突起は再び平坦先端構造をとる。この変形状態からの緩和と圧力の再印加は脈動モード中、少なくとも 1 回、任意で 3 回以上(おそらくはそれ以上の回数)繰り返される。

【0089】

よって、ここで使用されるように、脈動サイクルは、突起が正圧で略平坦先端 1022 により基板に押しつけられる状態から始まると考えられる。脈動は圧力の第 2 のより低い圧力への緩和と、次の圧力再印加とから成る。脈動中、圧力はゼロまで低減されないが、最大値の何分の 1 かまで低減される。上昇させた圧力の再印加は、第 2 のより低い圧力またはその他の圧力に緩和される前に最初に印加された圧力と等しい圧力まで戻すことができる。必要なのは、第 2 のより低い圧力よりも大きい高圧まで圧力を戻すことだけである。

【0090】

たとえば、スタンプ上方の圧力は通常、ゲージ圧で約 0.25 ~ 約 2 atm の範囲の圧力とすることができる(すなわち、スタンプ上方の絶対圧力は約 1.25 ~ 約 3 atm である)。スタンプ上方に印加される圧力がゲージ圧で約 0.5 atm である場合、タッピングサイクルは、この圧力をゲージ圧で約 0.1 atm に低減した後、ゲージ圧で約 0.5 atm まで増大させることから成る。タッピングサイクルは、どのくらい速く機器を取り外し、気体を侵入させることができるかに応じて約 0.1 ~ 約 1 または 2 秒とすることができ、場合によっては 10 秒にまで延長することができる。0.1 秒という短い接触期間も 10 秒という長い接触期間も有効とすることができる。機器をできるだけ高頻度で動作させると、接触期間を最小化し、上述したとおり突起面に沿ったレジスト材料の偏位も最小化される。第 2 のより低い圧力はゲージ圧で約 0.1 atm ~ 約 1 atm の範囲とすることができる。

【0091】

このように、突起 1012 は基板ウェハ 1004 と接触したままである、すなわち、スタンプの裏側にかかる圧力が低減される間も基板から完全には持ち上がらない。いくつかの突起は持ち上がったとしても、すべての突起が連続的な圧力パルス時に元の開口部に戻る可能性は低い。(略全部の突起が元の穴に戻るように、何個の突起が安全に持ち上げられるかは分からない。しかしながら、これが影響を受けやすい状況であることは分かっている。) 個々のピラミッド形突起 1012 は図示されるようないくらかの弾性戻りを実際に経験する。(図 10C では、空間 1017 が突起 1012 の側面 1023 とレジスト層 1002 との間に示されているが、突起が加圧および緩和される間、このような空間が実際に出現するか、レジスト層が隣接突起先端 1013 を間引くか、あるいはその組み合わせとなるのかは分からない。)

【0092】

その後、完全な圧力が再印加され、圧力が増大するにつれ、平坦化するピラミッド形突起 1012 がより多くのレジスト 1002 を押し出すことができると考えられる。このサイクルは何回か繰り返すことができる。エッチング用の穴の 98% を一掃するには 3 回の反復で十分だが、わずか 1 回の反復でも、それよりも多い反復でも利用することができる。一掃する、あるいは未被覆にするとは通常、妥当な時間、標準的なエッチング液を使用するエッチングで、少なくとも上述のパーセント - 突起に対応する位置の 98% - が基板上に許容可能にエッチングされた穴が形成されるように突起位置に残るレジストの量を低減させることを意味する。

【0093】

上述したように、視覚上スカム層が一掃されたように見えるいくつかの領域は実際にはエッチングに十分抵抗し、穴が基板に十分に形成されないため、白色光顕微鏡による目視検査では一掃されたと判断するには不十分である。

【0094】

したがって、白色光顕微鏡よりも感度の高い技術によって判定するところでも、脈動動作によってすらレジスト層の完全にすべてが除去されるか否か確実には分からない。分かっているのは、脈動により、エッチングに適したレジストの穴がより高い割合で形成されるということである。また、脈動なしでは、目視検査時にはスカムが一掃されたように見えるレジスト層の高い割合の穴で、エッチングが可能なほど十分には一掃されていない場合があることも分かっている。

10

【0095】

なお、最終脈動の最後に、圧力は維持され、レジストに影響を及ぼす環境温度が低減されて、レジストを適所で冷却する。次に、圧力が低減され、スタンプが引き剥がされて、固化または硬化したレジストに穴が残る。

【0096】

この方法の脈動段階中ずっと、間隙1011はすべての突起1012間の空間で解放されたままである。

【0097】

上に概して記載したように空気または他の流体などの空気圧を利用してツールを基板へと向かわせるのではなく、ツールは基板へと向かわせ基板に押しつける機械的装置を用いて前進させることができる。これは、脈動ツールに関する発明と、レジスト材料に隣接して間隙を維持する発明の両方に関連してのことである。

20

【0098】

本開示は2つ以上の発明を記載および開示している。本発明は本文書の請求項と、本開示に基づく任意の特許出願の審査手続中に提出された、また作成された関連文書にも記載されている。発明者は、後で決定されるように、各種発明をすべて従来技術によって認められる限界まで請求することを意図している。本文書に記載される特徴は本文書に開示される各発明に必須ではない。よって、発明者は、本文書に記載されるが本開示に基づく任意の特許の特定の請求項で請求されていない特徴は、上記のいかなる請求項にも組み込むべきではないと考える。

30

【0099】

たとえば、間隙を残し、くさび割工程中にレジストが基板の領域全体を十分に被覆するように確保して、インプリントパターンがレジストに作成される前の未被覆を回避することについての課題解決に関する発明は、エッチング液が下の基板材料を除去できるように、レジストを除去することが望ましい突起に隣接する基板領域からレジストを十分に除去することに関連する発明とは無関係である。しかし、間隙保持と脈動の2つの方法は同一の基板で共に実行することもできる。もしくは、一方の方法のみを他方を実行せずに実施することができる。

【0100】

さらに、各群において、本発明の個々の側面は個別にまたは組み合わせて実行することができる。たとえば、間隙維持法では、レジストが突起を登る程度は、材料組み合わせの濡れ角、レジスト材料の粘度、接触時間、温度（粘度に影響を及ぼす）、加圧程度のうち1つまたはそれ以上を変更することによって制御することができる。粘度は、レジストの構成要素の調節によって調節することができる。突起のサイズおよび形状と拡張部材の傾斜の変更によっても、レジストが突起に沿って移動する程度を調節することができる。

40

【0101】

ハードウェアのいくつかのアセンブリまたはステップ群は本文書で発明と称する。しかしながら、このようなアセンブリまたは群のどれもが、1つの特許出願で審査される発明の数あるいは発明の単一性に関する法律および規則で具体的に定められるように、必ずしも特許可能な異質の発明であることを認めるものではない。発明の実施形態を端的に表す

50

ことを意図している。

【0102】

要約書を共に提出する。この要約書は、審査官およびその他のサーチャが技術上の開示の主題を迅速に理解できるように、要約書を要求する規則に準じて提供されていることを強調しておく。特許庁規則に約束されるように、請求項の意味と範囲を解釈または限定するために使用されないという了解の元で提出される。

【0103】

上記の記載は説明的であると理解されるべきであり、いかなる意味でも限定的であるとみなすべきではない。本発明を好適な実施形態を参照して具体的に図示および説明したが、当業者は請求項に定義される本発明の精神と範囲を逸脱せずに形式および細部に様々な変更を加えることができると理解される。

10

【0104】

下記請求項のすべての手段またはステップと機能要素に対応する構造、材料、行為、等価物は、具体的に請求されるものとは異なる、請求される素子と組み合わせて機能を果たす任意の構造、材料、または行為を含むことを目的とする。

発明の側面

【0105】

以下の発明の側面は、ここに記載されることを目的とし、このセクションは、それらの側面が言及されるよう確保するものである。側面と称され、請求項と類似するように見えるが請求項ではない。しかしながら、将来の任意の時点で、出願人は本願およびすべての関連出願においてこれらの側面のすべてを請求する権利を保有する。

20

1. 基板に材料のパターンを形成する方法であって、

a. 基板と、パターンを有し、変形可能であり、相互に間隔をおいて配置される特徴を備えたスタンプとを設けるステップであって、該特徴がスタンプの拡張面から突出し、長さを有するステップと、

b. 基板の少なくとも1つの領域に、流動温度までの加熱後流動可能となる材料を設けるステップであって、該材料が特徴の長さよりも小さい深さまで設けられるステップと、

c. 突出特徴を流動性材料と接触させるステップと、

d. i. 突出特徴が流動性材料を貫通し、

ii. 基板との接触時、突出特徴が、流動性材料の表面の大部分にわたって流動性材料とスタンプ拡張面との間に間隙が存在するように変形する

30

程度まで、突出特徴に対向するスタンプの側に第1の圧力を印加するステップと、

e. 流動性材料が流れるのに十分な温度まで流動性材料を加熱するステップと、

f. スタンプを後退させて基板の領域を覆うパターン化材料を露出させるステップと、を備える方法。

2. 基板に材料のパターンを形成する方法であって、

a. 基板と、変形可能であり、相互に間隔をおいて配置される特徴を備えたスタンプとを設けるステップであって、該特徴がスタンプの拡張面から突出し、長さを有するステップと、

b. 基板の少なくとも1つの領域に、流動温度までの加熱後流動可能となる材料を設けるステップであって、該材料が特徴の長さよりも小さい深さまで設けられるステップと、

40

c. 突出特徴を流動性材料と接触させるステップと、

d. i. 突出特徴が流動性材料を貫通し、

ii. 基板との接触時、突出特徴が変形する

程度まで、突出特徴に対向するスタンプの側に第1の圧力を印加するステップと、

e. 突出特徴の変形が低減される程度まで第1の圧力よりも小さい第2の圧力を印加するステップと、

f. 突出特徴に対向するスタンプの側に第2の圧力よりも大きな圧力を印加するステップと、

g. ステップfの前または間に、流動性材料が流れるのに十分な温度まで流動性材料を加

50

熱するステップと、

h. スタンプを後退させて基板の領域を覆うパターン化材料を露出させるステップと、
を備える方法。

3. 流動性材料を冷却するステップをさらに備える側面 1 ないし 2 のいずれかの方法。

4. 流動性材料が流れなくなるまで冷却ステップが実行される側面 3 の方法。

5. 第 1 の圧力を印加するステップが、スタンプの特徴の所定の領域範囲が弾性的に変形して基板と密着されるように圧力を印加することを備える側面 1 ないし 4 のいずれかの方法。

6. パターン化材料が、以前は流動性材料で被覆されていた、流動性材料によって被覆されない基板の少なくとも 1 つの領域を含む側面 1 ないし 5 のいずれかの方法。

7. エッチングテストによって判定するところでは、未被覆領域が被覆されていない、側面 6 の方法。

8. 未被覆領域がスタンプの突出特徴に対応する側面 1 ないし 7 のいずれかの方法。

9. スタンプが約 50 MPa 未満、好ましくは約 0.5 MPa ~ 約 35 MPa、より好ましくは約 2 MPa ~ 15 MPa の弾性係数を有する側面 1 ないし 8 のいずれかの方法。

10. パターン化基板に次のエッチング処理ステップを受けさせることをさらに備える側面 1 ないし 9 のいずれかの方法。

11. 流動可能となる材料がワックスを備える側面 1 ないし 10 のいずれかの方法。

12. 流動可能となる材料が樹脂を備える側面 1 ないし 11 のいずれかの方法。

13. 流動可能となる材料がロジンを備える側面 1 ないし 12 のいずれかの方法。

14. 材料が約 100 未満の温度で流動可能になる側面 1 ないし 13 のいずれかの方法。

15. 流動可能となる材料が流動温度で約 5,000 ~ 約 500,000 センチポアズ、好ましくは約 20,000 ~ 約 200,000 センチポアズの粘度を有する側面 1 ないし 14 のいずれかの方法。

16. 流動可能となる材料が約 2 以上、好ましくは約 5 以上の温度範囲にわたって特定範囲内の粘度を有する側面 15 の方法。

17. 流動可能となる材料が少なくとも 2 つの構成要素を備える側面 1 ないし 16 のいずれかの方法。

18. 相対圧力をスタンプに印加するステップが約 0.5 ~ 約 10 秒、好ましくは約 1 ~ 約 5 秒の接触時間実行される側面 1 ないし 17 のいずれかの方法。

19. 突出特徴が約 2 ~ 約 20 ミクロン、好ましくは約 10 ミクロンの長さを有する側面 1 ないし 18 のいずれかの方法。

20. 流動可能となる材料を設けるステップが約 5 ミクロン未満の深さの材料を設けることを備える側面 1 ないし 19 のいずれかの方法。

21. 材料を設けるステップが約 0.7 ~ 約 5 ミクロン、好ましくは約 3.5 ミクロン未満の深さの流動性材料を設けることを備える側面 1 ないし 19 のいずれかの方法。

22. 突出特徴が底部と先端とを有する特徴を備え、先端が丸められており、特徴が基部から先端へと径が漸減する略円形断面を有する側面 1 ないし 21 のいずれかの方法。

23. 突出特徴が基部と先端とを有する特徴を備え、先端が少なくとも 1 つの側面に鋭利な点を有する側面 1 ないし 22 のいずれかの方法。

24. 突出特徴が少なくとも 1 つの側面に三角形断面を有する特徴を備える側面 1 ないし 23 のいずれかの方法。

25. 突出特徴が少なくとも 1 つの側面に台形断面を有する側面 1 ないし 23 のいずれかの方法。

26. スタンプがピラミッド形に尖った突出特徴を備える側面 1 ないし 25 のいずれかの方法。

27. 基板を加工して光電池を形成することをさらに備える側面 1 ないし 26 のいずれかの方法。

28. ステップ (d)、(e)、(f) が毎秒 1/2 脈動以上の頻度で実行される脈動サ

10

20

30

40

50

イクルを規定する側面 2 ないし 2 7 のいずれかの方法。

2 9 . 第 1 の圧力を印加するステップがゲージ圧で約 0 . 2 5 ~ 約 2 a t m の圧力を印加することを備え、第 2 の圧力を印加するステップがゲージ圧で約 0 . 1 a t m ~ 約 1 a t m の圧力を印加することを備える側面 1 ないし 2 8 のいずれかの方法。

3 0 . ステップ (e) と (f) を少なくともさらに 2 回繰り返すことをさらに備える側面 2 ないし 2 9 のいずれかの方法。

3 1 . 流動性材料と拡張面との間に間隙を存在させない材料の深さが材料の基準単位深さと称され、材料を設けるステップが、表面の大部分にわたる間隙が 0 . 9 ~ 0 . 3 基準単位の範囲を有するように材料を設けることを備える側面 5 ないし 3 0 のいずれかの方法。

3 2 . 流動性材料と拡張面との間に間隙を存在させない材料の深さが材料の基準単位深さと称され、材料を設けるステップが、表面の大部分にわたって 0 . 1 ~ 0 . 7 基準単位の深さで材料を設けることを備える側面 5 ないし 3 0 のいずれかの方法。

10

【 図 1 】

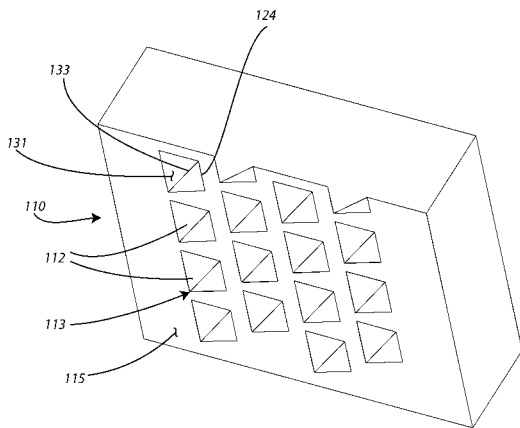


Fig. 1 (先行技術)

【 図 2 】

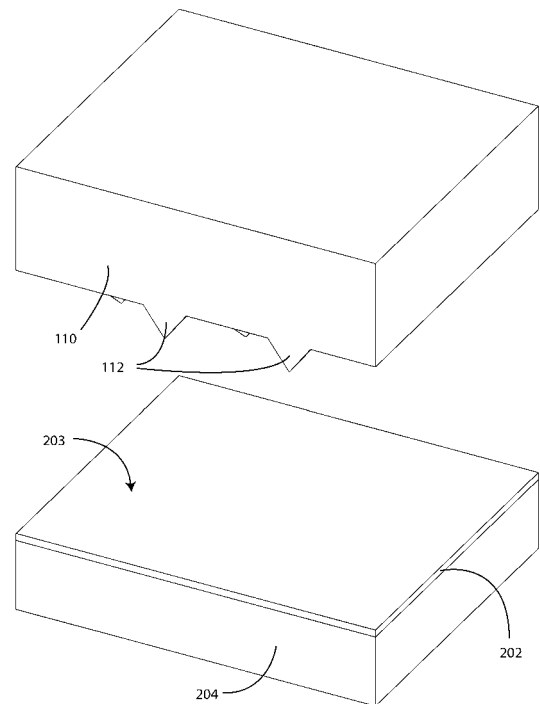


Fig. 2 (先行技術)

【図 3】

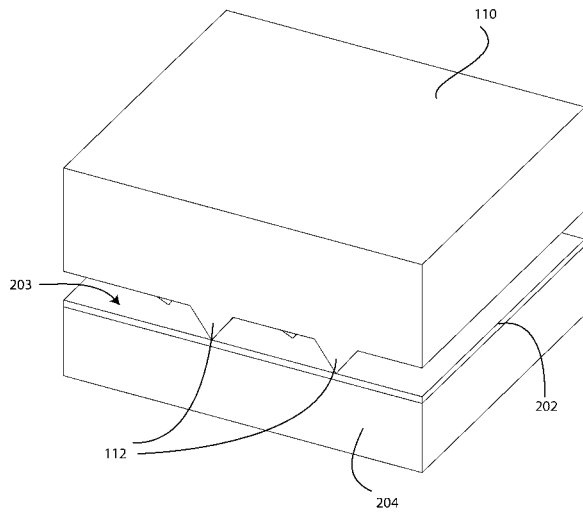


Fig. 3 (先行技術)

【図 4】

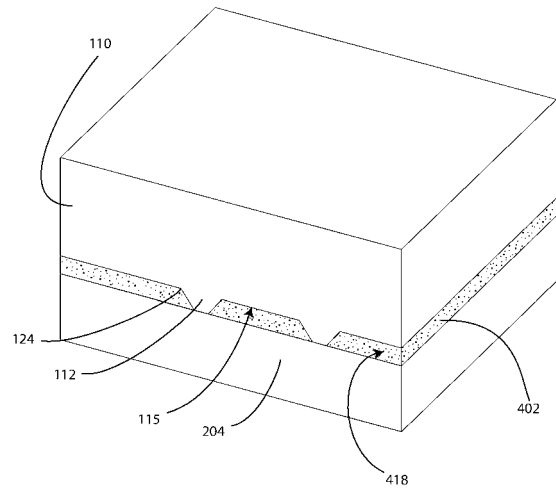


Fig. 4 (先行技術)

【図 5】

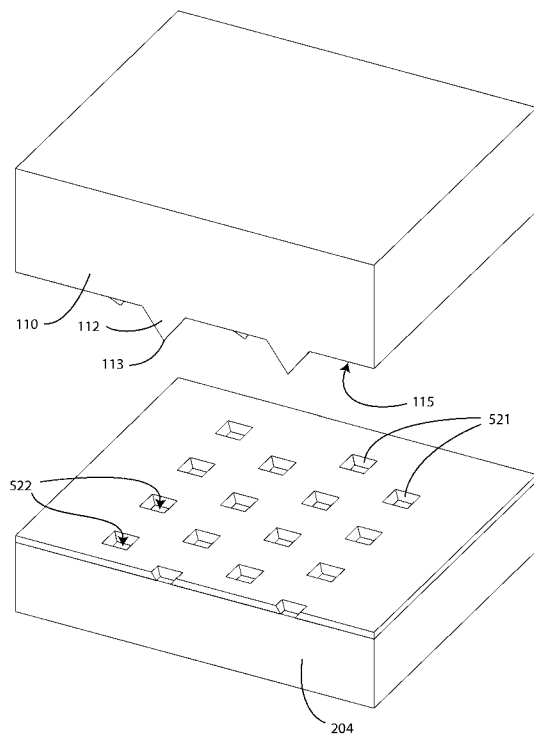


Fig. 5 (先行技術)

【図 6】

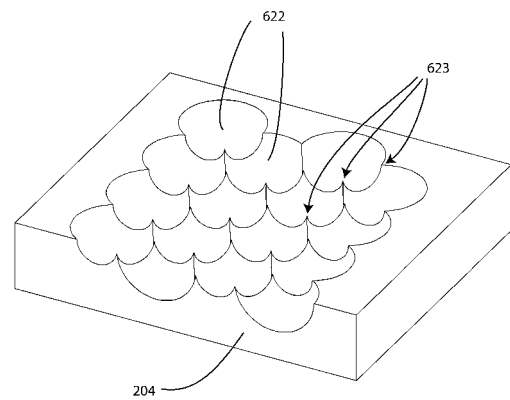


Fig. 6 (先行技術)

【図 7】

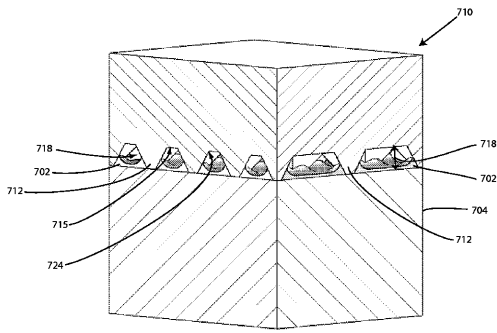


Fig. 7

【図 8】

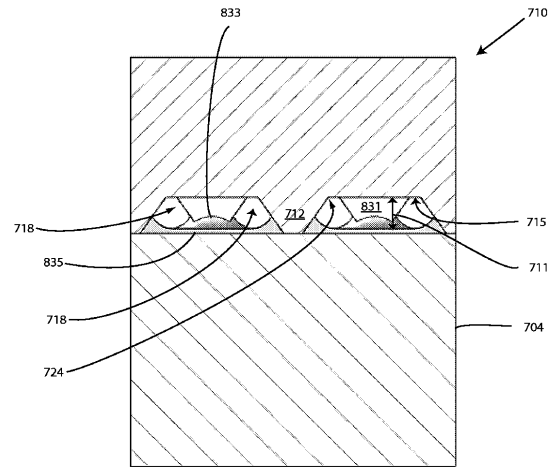


Fig. 8

【図 9】

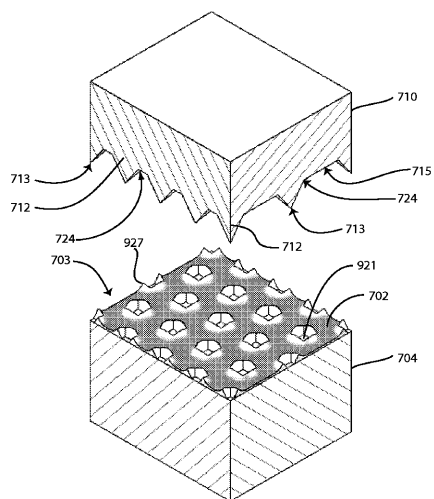


Fig. 9

【図 10 B】

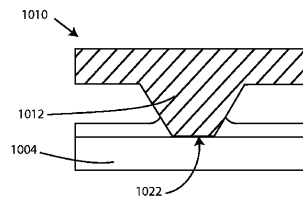


Fig. 10B

【図 10 C】

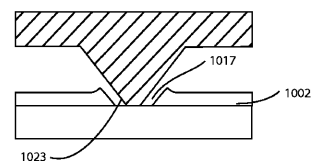


Fig. 10C

【図 10 A】

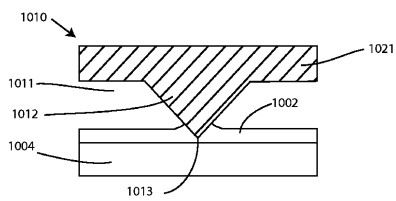


Fig. 10A

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US2012/056769

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - H01L 31/18 (2012.01) USPC - 438/71 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) - B05D 1/28; B29C 59/02; B81C 1/00; B82Y 10/00; C03C 15/00, 25/68; G03F 7/00; H01L 21/027, 23/48, 31/18 (2012.01) USPC - 101/28, 327, 353, 368, 378, 379, 382.1, 483; 118/264; 156/230, 345.1, 384, 390; 216/41; 257/77; E23.179; 428/411.1; 438/71 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC - 438/694, 700 Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PatBase, Google Patents		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2011/0129956 A1 (POLITO et al) 02 June 2011 (02.06.2011) entire document	1-4
A	US 7,635,262 B2 (CHOU et al) 22 December 2009 (22.12.2009) entire document	1-4
A	WO 2010/080822 A1 (SACHS et al) 15 July 2010 (15.07.2010) entire document	1-4
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 05 November 2012		Date of mailing of the international search report 10 DEC 2012
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Blaine R. Copenheaver PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2012/056769

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☒ Claims Nos.: 5-32
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC

Fターム(参考) 5F146 AA31

【要約の続き】

スタンプくさび割工程中、レジストが基板とくさび形突起間のスタンプ底面との間の空間を完全に充填せず、間のすべての場所に間隙を残すようにレジスト層を極薄く設けることを含む。間隙はレジストとスタンプ拡張面間に残る。

【選択図】図7