

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4579927号
(P4579927)

(45) 発行日 平成22年11月10日 (2010.11.10)

(24) 登録日 平成22年9月3日 (2010.9.3)

(51) Int. Cl.	F I
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 7 5
G O 3 F 7/11 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 1 5 D
G O 3 F 7/38 (2006.01)	G O 3 F 7/11 5 0 1
	G O 3 F 7/38 5 1 1

請求項の数 18 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2006-546462 (P2006-546462)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成16年12月22日 (2004.12.22)		コーニンクレッカ フィリップス エレク
(65) 公表番号	特表2007-520058 (P2007-520058A)		トロニクス エヌ ヴィ
(43) 公表日	平成19年7月19日 (2007.7.19)		オランダ国 5 6 2 1 ベーアー アイン
(86) 国際出願番号	PCT/IB2004/052886		ドーフエン フルーネヴァウツウェッハ
(87) 国際公開番号	W02005/064409		1
(87) 国際公開日	平成17年7月14日 (2005.7.14)	(74) 代理人	100070150
審査請求日	平成19年12月20日 (2007.12.20)		弁理士 伊東 忠彦
(31) 優先権主張番号	03104940.6	(74) 代理人	100075812
(32) 優先日	平成15年12月23日 (2003.12.23)		弁理士 吉武 賢次
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(74) 代理人	100088889
(31) 優先権主張番号	04102397.9		弁理士 橘谷 英俊
(32) 優先日	平成16年5月28日 (2004.5.28)	(74) 代理人	100082991
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)		弁理士 佐藤 泰和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 浸漬リソグラフィのための除去可能なベリクル

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

感光層を備え且つ浸漬流体中に浸漬された表面を照射する方法であって、
前記表面に対して除去可能な透明層を配置するステップと、
前記浸漬流体及び前記透明層を通じて前記表面上に電磁照射線を投射する投射ステップと、
その後、前記透明層を除去するステップと、
を含み、
前記除去可能な透明層の厚さは、前記浸漬流体と当該除去可能な透明層との界面における不完全部分が前記表面上に投影された焦点から外れるような厚さにされる、
ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記投射ステップは、前記感光層上に対してパターンを投影することを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記感光層がレジスト層であり、前記投射ステップは、パターンを投影して前記レジスト層をパターンニングすることを含むことを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

パターンニングされた前記レジスト層を更なるリソグラフィステップにおいてマスクとして使用するステップを更に含むことを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記透明層を除去する前記ステップは、前記感光層を現像するステップに先行し又は当該ステップと組み合わせられることを特徴とする請求項 2 に記載の方法。

【請求項 6】

前記透明層は、溶解流体を用いて溶解することにより除去されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 7】

前記溶解流体は、前記感光層を現像するために使用されることを特徴とする請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記浸漬流体中での浸漬後に現像液に対する前記透明層の溶解度を大きくする増大ステップを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記増大ステップは、露光後バークプロセスによって行われることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記増大ステップは、照射線の波長と異なる波長でのフラッド露光により行われることを特徴とする請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記透明層は、前記感光層上に設けられた下側層と、前記下側層上に設けられた上側層とを備え、前記上側層が、現像液に対する増大可能な溶解度を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記下側層は、前記感光層を前記増大ステップから保護するためのフィルタ機能を有していることを特徴とする請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

透明保護層によって被覆される感光層をパターンニングする方法であって、前記透明保護層を通じて前記感光層上にパターンを投影するステップと、現像液に対する前記保護層の溶解度を増大させるステップと、溶媒を用いて前記保護層を除去するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 14】

前記感光層はレジストであり、前記レジストを現像するステップを更に含んでいることを特徴とする請求項 13 に記載の方法。

【請求項 15】

除去可能な保護層を除去する方法であって、前記保護層を溶解させることなく浸漬するステップと、フラッド照射ステップにより現像液に対する前記保護層の溶解度を増大させるステップと、その後に前記保護層を溶解するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 16】

前記電磁照射線は、除去可能な前記透明層と前記浸漬流体との間の界面上に合焦されることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

前記電磁照射線は、ダイポール照射を含んでいることを特徴とする請求項 16 に記載の方法。

【請求項 18】

感光層と除去可能な透明保護層とを有するパターンニングに適したブランクであって、前記除去可能な保護層は、現像液に対する溶解度が増大可能な材料によって形成されていることを特徴とするブランク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、流体中に浸漬された表面を照射するための方法及び材料、特に紫外線、深紫外線又は真空紫外線を用いて照射するための方法及び材料、レジスト層をパターンニングする材料及び方法、そのような層を除去する方法、パターンニングのためのブランク、そのような方法によって製造される製品、そのような方法を実行するための装置に関する。

【背景技術】

【0002】

微細なマスクを通じて照射することにより、又は、例えば合焦されたビームを向けることにより、基板上により小さい構造を生成し又は当該構造を処理することが知られている。そのようなプロセスを使用して形成される製品の例としては、半導体集積回路、高密度光記憶ディスク等の光デバイスを挙げることができる。構造のサイズが小さくなって、所定サイズの基板上に多くの部品又は構造が集積されるにつれて、多くの問題が生じている。例えば、電磁照射線の波長が構造のサイズを制限する場合があります、また、塵埃の細かい粒子が重大な欠陥を引き起こす可能性がある。

10

【0003】

空気よりも屈折率が高い流体中に基板を浸漬させたり、リソグラフィにより基板に対してパターンを適用したりすることは、米国特許第5,610,683号(特許文献1)から知られている。これは、焦点深度を深くすることができ、また、最小構造サイズを効果的に縮小することができる。半導体リソグラフィ及び検査においては、以下の四つの理由により浸漬光学が回避されたことがその後の米国特許第5,900,354号(特許文献2)において認識されている。

20

【0004】

流体／レジストの界面にある気泡は、光を散乱させる可能性があり、欠陥を引き起こす影を発生させる。

【0005】

流体の総ての形跡を除去することは困難となり得る。

【0006】

流体は、汚染物質を運ぶ可能性があり、そうでなければ、存在する構造を損傷させる可能性がある。

30

【0007】

最初の三つの問題に対処するためのプロセスステップは、プロセスを複雑にし、コストを増大させる可能性がある。米国特許第5,900,354号は、超臨界流体を使用することを提案している。

【0008】

また、従来の非浸漬リソグラフィ中に望ましくない粒子がマスク及びウェーハ上に堆積するという問題に対処することは、欧州特許第1,075,672号(特許文献3)からも知られている。これには、シリコンからなる保護膜によりマスクをコーティングできることが述べられているが、そのような膜は、光子、電子、イオン又は原子の高エネルギー照射線を使用する最新のリソグラフィに適さないことが示唆されており、また、そのような堆積を避けるために、代わりに熱泳動(thermophoresis)を使用することが提案されている。

40

【0009】

また、この文献は、集積回路を製造するために必要な様々な工程中にレチクル(マスク)及びウェーハ基板の表面上に堆積される粒状物質に表面の欠陥に関連付けることができることも述べている。また、文献は、マイクロエレクトロニクス産業においては、これらの表面を粒状物質が実質的に無い状態に維持する必要性が長年にわたって認識されてきており、また、そのようにする様々な方式、例えば米国特許第5,373,806号(特許文献4)及び米国特許第5,472,550号(特許文献5)に記載されているような方式が提案されてきたことを示している。前者は、熱エネルギーを使用して、例えば照射エネ

50

ルギ、RF又は抵抗加熱を使用して、気相処理中の粒子搬送・堆積機構としての静電気引力を実質的に排除することを開示しており、一方、後者は、発光効果を使用し、基板表面と接触しない軌道に沿って処理チャンバの内側でレーザービームを投射することにより粒子を捕捉することについて記載している。

【0010】

表面上への粒子の堆積によって引き起こされる印刷可能な欠陥に関する問題は、近接X線リソグラフィ、直接書き込み・投影電子ビームリソグラフィ（SCALPEL）、直接書き込み・投影イオンビームリソグラフィ、 $0.01\mu\text{m}$ よりも大きい直径を有する粒子の排除を行わなければならない極紫外線（ $3.5\sim 15\text{nm}$ の範囲の波長を有する照射線）リソグラフィ（EUVL）を含む次世代のリソグラフィにおいて特に重要であると言われている。次世代リソグラフィにおいては、粒状物質の堆積からレチクル等のリソグラフィ表面を保護することが重要であるため、露光チャンバのクリーンなカプセル化、保護ガスブランケット、マスク表面の現場クリーニング等の他の保護方式が研究されてきた。しかしながら、これらの他の方式のそれぞれは欠点を有しており、いずれも首尾良く開発されてこなかった。

10

【特許文献1】米国特許第5,610,683号公報

【特許文献2】米国特許第5,900,354号公報

【特許文献3】欧州特許第1,075,672号公報

【特許文献4】米国特許第5,373,806号公報

【特許文献5】米国特許第5,472,550号公報

20

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明の目的は、リソグラフィのための改良された材料及びプロセス又は装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

第1の態様によれば、本発明は、流体中に浸漬された表面を照射線源を用いて照射する方法であって、

- 前記表面に対して除去可能な透明層を配置するステップと、
 - 前記浸漬流体及び前記透明層を通じて前記表面上に照射線を投射し、その後、前記透明層を除去するステップと、
- を含む方法を提供する。

30

【0013】

除去可能な透明層の厚さは、流体中の特定の不完全部分が表面上に投影された焦点から外れるように設定されていることが好ましい。除去可能な透明層の必要な全体の厚さは、ストレール比（Strehl ratio）が95%を下回らないようになっていなければならないと推定される。ストレール比は、理想的な点像分布（点広がり）関数（PSF）と乱された点像分布関数との間の差を示している。乱されたPSFは、粒子又は気泡によって引き起こされる。重大な状況は、処理される基板に対して粒子又は気泡が可能な限り近接している場合、例えば、粒子又は気泡が除去可能な透明層の表面と接触している場合である。除去可能な透明層の厚さは、 200nm 以上、例えば 500nm 以上、 $1\mu\text{m}$ 以上、又は、 $5\mu\text{m}$ 以上である。必要な厚さは、粒子又は気泡の見込まれるサイズ及び光学系の光学的特性によって決まる。通常、浸漬媒体は、気体であっても液体であっても、照射線源の波長で空気／真空の屈折率よりも高い屈折率を有している。最も実用的な目的のため、この浸漬媒体は、液体であり、好ましくは水である。

40

【0014】

透明層の利点は、特定の不完全部分を表面上の照射線の焦点から離間させるのに役立つ、それにより、シャドーイングを減少又は排除できるという点である。従って、照射がより複雑になる可能性があるが、欠陥が減少する。それは、特に例えば流体／表面の界面に

50

おける浸漬流体中の小さな気泡又は粒子の形態をなす不完全部分において特に有効となり得る。気泡は、液体それ自体から生じる可能性があり、又は、固体層から逃げるガスによって生成される場合もあり、又は、固体層に吸収される場合もある。大きな気泡又は粒子は、稀であり、他の方法により処理することができる。照射線は、検査、処理、パターン化等を含む任意の目的のためのものであってよい。浸漬流体は、屈折率が高い液体又は気体を含む任意の流体であるものとしてよい。

【0015】

従属請求項を形成し得る更なる特徴は、レジスト層等の感光層を備える表面と、例えばレジスト層をパターンニングするために感光層上にパターンを投影することを含む投影とを含んでいる。そのような感光層、例えばレジスト層は、欠陥に特に影響され易く、多くの場合、一つの欠陥が表面全体を破壊する可能性がある。パターン化されたレジスト層は、例えば半導体層、導電層又は絶縁層等の下側の層をパターン化するために更なるリソグラフィステップにおいてマスクとして使用することができる。

10

【0016】

他のそのような更なる特徴は、レジスト層を現像するステップに先行し又は当該ステップと組み合わされる透明層の除去である。

【0017】

透明層は、任意の適当な化学的方法若しくは機械的方法によって、又は、例えば熱処理ステップによって除去することができる。透明層を除去する機械的な方法は、層剥離（劈開：cleavage）によるものであってもよい。化学的な方法としては、ウェットエッチング又はドライエッチングを挙げることができる。例えば化学機械研磨等、化学的方法と機械的方法とを組み合わせることもできる。特に好ましい方法は、流体によって透明層を部分的に又は完全に溶解させることである。そのような流体は、レジストを現像するために使用される流体と同じ流体であってもよい。これにより、追加の除去ステップが不要になるため、プロセスを更に簡単にすることができる。透明層の特性は、照射線の入射によって及び／又は熱処理によって変化させられ得る。透明層の溶解度は、浸漬流体内部への浸漬後に変化させられてもよい。これは、浸漬流体及び現像液がいずれも、例えば水性である場合に特に有益となり得る。溶解度特性を変化させるために使用される照射線は、下側にある任意の感光層をパターンニングするために使用される照射線とは異なる波長を有していることが好ましい。例えば、そのような他の更なる特徴では、露光後ベークプロセスにより溶解度特性の変更が行われ、又は、感光層をパターンニングのために使用される化学線とは異なる波長でフラッド露光により溶解度特性の変更が行われる。

20

30

【0018】

好ましい実施の形態において、透明層の溶解度及びレジストの露光された部分若しくは露光されていない部分の溶解度は現像溶液中で異なっており、これにより、現像ステップ中に剥離又は溶解によって透明層を容易に除去することができる。好ましくは、最初の浸漬ステップ中に、例えば浸漬液体が水又は他の液体、例えば非塩基性水溶液である場合、透明層は溶解されず又は除去されない。現像溶液は、pHが9以上の範囲、例えば13乃至14の範囲の塩基であるものとするときよく、また、この液体中での浸漬により、例えば溶解によって保護層が剥離され又は除去される。現像液は、塩基性水溶液であってもよい。あるいは、最初の浸漬液体は、例えばpHが9以上、例えば13乃至14の塩基であるものとするときよく、また、現像液は、他の液体、例えば水又は非塩基性水溶液であるものとしてもよい。特定の実施の形態においては、最初の浸漬液体及び現像溶液中で溶解度に差がある。この実施の形態では、透明層が透明材料からなる単層であることが好ましい。

40

【0019】

他のそのような更なる特徴は、透明層が上側層及び下側層を備え、上側層が変更可能な溶解度を有していることである。複数の層を使用すると、例えばレジストコーティングステップからレジスト現像ステップまでの既存のプロセスステップを変更することなく容易に維持することができる。

【0020】

50

他のそのような更なる特徴は、下側層が、レジスト層を変更ステップから保護するためのフィルタ機能を有していることである。

【0021】

概して、本発明に係るリソグラフィ方法は、集積回路等の部品や電子デバイスの製造のため、半導体、金属、絶縁体、高分子材料の処理において使用される。

【0022】

本発明の他の態様は、透明保護層によって被覆されるレジスト等の感光層をパターンニングする方法であって、透明保護層を通じてレジスト等の感光層上にパターンを投影するステップと、保護層の溶解度を変更するステップと、保護層を除去するステップとを有している方法を提供する。この方法は、保護層を除去する前にレジストを現像することを含んでいるものとするといふ。前述した更なる特徴は、この態様又は他の態様に適用することができる。

10

【0023】

本発明の他の態様は、除去可能な保護層を除去する方法であって、現像溶液の作用により保護層を溶解し又は剥離して、現像ステップ中に保護層を容易に除去できるようにすることを含む方法を提供する。初の浸漬ステップ中に、例えば浸漬液体が水である場合、透明層は溶解されず又は除去されない。現像溶液は、pHが9以上の範囲、例えば13乃至14の範囲の塩基であるものとするよく、また、これにより、保護層が剥離され又は除去される。あるいは、最初の浸漬液体は、例えばpHが9以上、例えば13乃至14の塩基であるものとするよく、また、現像液は、他の液体、例えば水であるものとするよく、保護層は、剥離され又は除去され、例えば水により溶解される。特定の実施の形態においては、最初の浸漬液体及び現像溶液中で溶解度に差がある方法が用いられる。この実施の形態では、透明層が透明材料からなる単層であることが好ましい。

20

【0024】

本発明の他の態様は、除去可能な保護層を除去する方法であって、保護層を溶解させることなく浸漬するステップと、フラッド照射ステップにより保護層の溶解度を変更するステップと、その後に保護層を溶解するステップとを含む方法を提供する。

【0025】

本発明の他の態様は、レジスト層等の感光層と除去可能な透明保護層とを有するパターンニングに適したブランクであって、除去可能な保護層が、溶解度が変更可能な材料によって形成されているブランクを提供する。そのようなブランクは、単独に取引可能であり、価値を有する製品であり、製造物品である。

30

【0026】

他の態様は、前述した任意の方法により製造される製品を提供する。特に、これは、例えば、集積回路、他の製品を形成するためのマスク、光マスターディスク、そのようなマスターディスクから製造される光ディスクを包含し得る。

【0027】

他の態様は、前述した任意の方法を実施するように構成されている装置を提供する。

【0028】

特に本発明者等に知られていない他の従来技術を考慮すると、他の利点が当業者に明らかとなる。上記更なる任意の特徴は、互いに組み合わせられてもよく、あるいは、本発明の任意の態様と組み合わせられてもよい。ここで、添付の概略図面を参照しながら、本発明がどの程度有効となり得るかについて説明する。無論、本発明の請求項から逸脱することなく、多くの変形及び変更をなすことができる。従って、本発明の形態は、単なる例示的なものであり、本発明の範囲を限定しようとするものではないことが明確に理解されるべきである。

40

【0029】

本発明の特徴は、本発明の好ましい実施の形態を示す添付図面を参照することにより更に良く理解される。

【0030】

50

図面中において、同じ参照符号は、同一又は類似の要素を示している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

特定の実施の形態に関して特定の図面を参照して本発明を説明するが、本発明は、これらの実施の形態に限定されず、請求項によってのみ限定される。描かれた図面は、単なる概略図であり、非限定的なものである。図では、一部の要素のサイズが誇張されている場合があり、また、例示的な目的で、一部の要素が尺度に基づいて描かれていない場合もある。この明細書本文中及び請求項中において用語「備える（含む）（comprising）」が使用される場合、それは他の要素又はステップを排除するものではない。一つの名詞を示す際に例えば「a」、「an」、「the」等の不定冠詞又は定冠詞が使用される場合、これは、他に何か特に述べられていなければ、複数のそのような名詞を含むものとする。

10

【0032】

また、明細書本文中及び請求項中の第1、第2、第3等の用語は、同様の要素間を区別するために使用されるが、必ずしも順番又は時間的順序を表わすものではない。そのように使用される用語が適切な状況下では置き換え可能であり、また、ここに記載された本発明の実施の形態が、ここで説明され又は図示された順序以外の順序で動作可能であることが理解されるべきである。

【0033】

主に透明保護層の溶解度を変化させることに関して本発明を説明するが、本発明は、この方法に限定されない。透明層は、任意の適当な化学的又は機械的な方法により、例えば熱処理ステップにより除去することができる。透明層を除去する機械的な方法は、層剥離（劈開）によるものであってもよい。化学的な方法としては、ウェットエッチング又はドライエッチングを挙げることができる。例えば化学機械研磨等、化学的方法と機械的方法とを組み合わせ使用することもできる。特に好ましい方法は、流体によって透明層を部分的に又は完全に溶解させることである。そのような流体は、レジストを現像するために使用される流体と同じ流体であってもよい。これにより、追加の除去ステップが不要になるため、プロセスを更に簡単にすることができる。透明層の特性は、照射線の入射によって及び／又は熱処理によって変化させられてもよい。透明層の溶解度は、浸漬流体内への浸漬後に変化させられてもよい。これは、浸漬流体及び現像液がいずれも例えば水性である場合に特に有益となり得る。溶解度特性を変化させるために使用される照射線は、下側にある任意の感光層をパターンニングするために使用される照射線とは異なる波長を有していることが好ましい。例えば、感光層をパターンニングするために使用される化学線とは異なる波長での露光後ベークプロセス又はフラッド露光を使用して、溶解度特性を変化させてもよい。

20

30

【0034】

浸漬リソグラフィとの関連において本発明の実施の形態を説明するが、リソグラフィパターンニング以外の他の適用、例えば、検査のための照射又は他の処理ステップ、例えば他のタイプの浸漬のための照射も本発明の範囲内に含まれる。例えば、本発明は、超小型電子回路のパターンニングや、高密度光ディスクのマスタリングにおいて使用することができる。図1a乃至図1dは、参考のため、浸漬リソグラフィにおける重要な懸案事項の一つの影響を示すプロセス、即ち、露光中に浸漬流体中に存在する気泡及び／又は粒子から光が散乱される結果としての、露光されたレジストパターンにおける欠陥の形成を示している。浸漬媒体は、光学系において使用される照射線の波長において、空気／真空の屈折率よりも高い屈折率を有することができる。最も実用的な目的のため、この浸漬媒体は、液体であり、好ましくは水である。

40

【0035】

リソグラフィにおいて一般に使用される光の波長は、UVCと同様であり、即ち、90乃至280nmの範囲である。粒径が波長の10%未満である場合、散乱は僅かであり、即ち、1%未満である。従って、多くの実用的な用途及び装置において、10nm乃至2

50

0 nm程度の粒子又は気泡はおそらく重大なものとはならない。193 nmの波長を使用する場合、従来のリソグラフィ装置において50 nmの気泡で95%を超えるストレール比 (Strehl ratio) を保証するためには、200 nm以上のペリクル膜厚が必要であると見込まれてきた。同様に、100 nmの気泡では1100 nm以上のペリクル膜厚が好ましく、200 nmの気泡では3400 nm以上のペリクル膜厚が好ましい。透明層の厚さを最適化するために使用することができる、球状物又は他の物体における散乱エネルギーを計算するためのより進歩した方法については、「粒子による光の散乱：コンピュータを使用した方法 (Light Scattering by particles: Computational Methods)」, P. W. バーバー (P. W. Barber) 及び S. C. ヒル (S. C. Hill) 著、ワールド・サイエンティフィック (World Scientific)、1990年、を参照されたい。

10

【0036】

図1aにおいて、光源（図示せず）からの光の形態をなす照射線Rは、基板L1上のレジスト層L2等の感光層の形態で例示される表面上へと下に向けて照射される。照射線は、可視線、赤外線、紫外線、例えば深紫外線 (DUV)、化学線、又は、真空紫外線 (VUV)、あるいは、他の形態の電磁照射線であってもよい。感光層は、レジスト層に限定されない。例えば、感光層は、現像後に例えばキャパシタの形態のパターニングされた絶縁層を形成する感光BCB等の材料によって形成されていてもよい。以下では、本発明の適用例との関連においてレジストについて言及するが、用語「レジスト」という場合には、任意の感光層も開示され且つ本発明の範囲内に含まれることが理解されるべきである。照射線がレンズ又は他の投射系（図示せず）により合焦されて、レジスト上に二つの線又は点のパターンが形成される。基板が浸漬流体L3中に浸漬され、それにより、光等の照射線が浸漬流体を通過してレジストに到達する。図1bは、露光され、浸漬流体が除去され、レジストが現像された後の結果を示している。パターンがレジストに残っており、基板を更なる処理ステップ（図示せず）へと進めることができる。図1c, 図1dには、浸漬層とレジスト層との境界にある粒子又は気泡P等の浸漬流体中の僅かな不完全部の影響が示されている。この粒子は、露光中においてレジスト上に影を形成する。図1dに示される現像後の結果では、レジスト中に欠陥パターンDPが存在しており、これにより、欠陥のある最終製品が形成される可能性がある。

20

【0037】

この問題に対する提案された解決策は、「浸漬ペリクル」又は光スペーサと称される透明スペーサ層の使用である。「浸漬ペリクル」は、例えば流体／ペリクル界面において浸漬流体L3中に存在する小さな気泡／粒子Pを、感光面等の表面の露光中に十分に「焦点から外れた状態」に維持するようになっている。表面を影で覆う十分に大きい気泡又は粒子は、稀であり、検出して例えばフィルタリングや加熱等の他の手段によって除去することが容易である。図2a及び図2bは、基板上のレジスト膜の上にパターンを露光するためのプロセスに関連する一例を示しており、これは、照明中に存在する粒子P（図2a参照）が現像後に最早欠陥パターンを引き起こさない（図2b参照）ことを明らかにしている。

30

【0038】

この「浸漬ペリクル」の有用な更なる特徴は、レジスト膜を粒子から保護することに加え、露光後であるが、その後のレジストの現像前又は現像中に浸漬ペリクルを好ましくは容易に除去することができるという点である。この除去可能な「浸漬ペリクル」は、構成材料の特性及び好ましいプロセスの流れに応じて、単一又は複数の層からなることができる。しかしながら、ペリクルの全体の厚さは、ペリクルの上面に存在する任意の粒子が光学系の焦点から十分に離間し、それにより、レジスト上に投影される像の質に影響を与えないようにすべく、十分に厚くなければならない。例えば50 nmの気泡の場合、ペリクルの厚さは、照射線の投影形態及び照射線の波長に応じて、200 nm乃至1000 nm、例えば500乃至1000 nmで十分である。

40

【0039】

50

多くのペリクル構成が可能である。ペリクルが現像液中では溶解できるが浸漬流体中では溶解しないようになっているのが有益であるが、必ずしもそうである必要はない。193 nm及び248 nmのリソグラフィの場合には、浸漬流体及び現像液の両方が水性であり、従って、別個のペリクル除去ステップを回避すべき場合には、ペリクルの溶解度を変更（切り換えも含む）する必要がある。以下の段落では、そのような変更を行うことができる単層ペリクル又は2層ペリクルのいくつかの実施の形態について説明する。

【0040】

図3及び図4a乃至図4d、実施例1

この実施例は、現像液可溶性の下側層L4と感光性の上側層L5とからなる2層ペリクルPEに関して注目すべきであり、この場合、溶解度切り換えは、レジスト露光中に開始される。現像液は、水性であるものとするとよい。下側層L4は、水溶性であるものとするとよい。この実施の形態において、基本的な材料は市販されている。下側層L4は、AZ

Aquatar、JSRマイクロエレクトロニクスNFC520/NFC640コーティング等の反射防止膜として使用される材料によって形成されるものとするとよい。任意的に、下側層L4と上側層L5との間に、例えばHMDS又はTMSDEA等のプライマ等の接着層が配置されてもよい。処理は、既存の処理装置を使用して行うことができ、又は、既存の装置は、新たなステップを自動化するように適合させることができる。

【0041】

実施例1におけるペリクル組成：

ペリクルを含む構造の概略図が図3に示されている。L1は基板であり、L2はレジストであり、L3は浸漬流体であり、L4及びL5はペリクルPEを構成している。ペリクルは、レジストを浸漬流体から離間させるように機能する。ペリクルは、二つの層、即ち、（露光とは無関係に）レジスト現像溶液中で可溶性である下側層（リフトオフ（lift-off：剥離）材料）L4と、溶解度切り換えがレジストの露光中に開始されるとともにその後の露光後ベーク（PEB）中に完了される感光性の上側保護層L5とからなっている。任意的な接着層が、リフトオフ層L4と感光層L5との間に配置されてもよい。

【0042】

実施例1におけるプロセスの流れ：

基本的なプロセスの流れは、以下の通りである。

- レジスト層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；
- 下側ペリクル層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；
- 上側ペリクル層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；
- スキャナでのレジストの露光（図4a）；
- レジストの露光後ベークPEB（図4b）；
- レジストの現像（図4c）。

【0043】

図4a乃至図4dは、露光及び現像中のプロセスの流れを概略的に示している。パターンニングされた照射線Rは、マスク又は任意の他の露光ツール、例えばスキャナ、ステップ又はステップスキャンツールを有するリソグラフィツールにより得られるものとするとよい。層の形成は、スピンコーティング又は他の方法等の従来の方法によって行うことができる。そのような形成方法は良く知られているため、それらについてここで更に詳しく説明する必要はない。ウェーハの露光中には、図4aに示されるように、レジストL2中の選択された領域を露光することに加え、ペリクルの上側層L5中の領域も露光される。レジスト上にパターンを投影してそれを正確に合焦するためのそのような露光方法及び装置も良く知られているため、ここで更に詳しく説明する必要はない。この上側層が化学的に増幅（CA）されたレジストの化学的性質に基づいている場合、この上側層L5の溶解特性は、その後のPEBの後までほぼ変わらないままである。PEBステップの結果として、上側ペリクル層L5の露光された領域は、図4bの可溶領域Sによって示されるように現像溶液中に溶解可能となる。従って、ウェーハの現像中に、上側保護層L5の露光領域Sは、溶解することによって、可溶性下側ペリクル層L4及び露光されたレジストL2を

現像溶液に対して晒し、それにより、これらの層を現像することができるようになり、図 4 c に示されるように上側ペリクル層の露光されていない領域を剥離（リフトオフ：L i f t - o f f）させることができる。図 4 d は、剥離後の結果を示すとともに、パターンニングされたレジスト L 2 を示しており、これにより、任意の更なるプロセスステップ（図示せず）を行うことができる状態となる。

【0044】

このプロセスの利点は、レジストコーティングと現像との間の総ての処理を既存の標準的なリソグラフィシステムにおいて装置に変更を加えることなく行うことができるという点である。基本的には、図 4 及び他の図のステップは、例えば、他のプロセス、層を形成する他の方法、他の目的のための他のタイプの照射線、他の後処理ステップと共に使用

10

【0045】

図 5 a 乃至図 5 d、実施例 2：

この実施例は、2 層ペリクルが使用されるという点において実施例 1 と類似している。この実施例は、層が現像液可溶性の下側層 L 4 と感光性の上側層 L 5 とからなっているという点が異なっている。この場合、溶解度切り換えは、レジスト露光後であって且つ露光後ベーク（P E B）前のフラッド露光中に開始される。この手法において、基本的な材料は、前述したように市販されている。処理は、既存の処理装置を用いて行うことができる

20

が、プロセスの流れは、

a) 上側ペリクル層の感度が良く、且つ、

b) 下側ペリクル層が透明ではなく、又は、レジストの感度が良くない、

ような所定の波長でのウェーハの更なるフラッド露光を、レジスト露光後に行う必要がある。

【0046】

実施例 2 におけるペリクル組成は、実施例 1 と類似している：

図 3 に示されるように、L 1 は基板であり、L 2 はレジストであり、L 3 は浸漬流体であり、L 4 及び L 5 はペリクルである。ペリクル P E は、レジスト L 2 を浸漬流体 L 3 から離間させるように機能する。ペリクル P E は、二つの層、即ち、露光に関係なくレジスト現像溶液中に溶解することができるリフトオフ材料からなる下側層 L 4 と、感光性の上側保護層 L 5 とからなっており、この場合、溶解度切り換えは、上側ペリクル層 L 5 のフラッド露光によって開始される。下側に位置するレジスト層 L 3 は、ペリクル下側層 L 4 のフィルタリング性質により、フラッド露光から「シールド」される。このことは、レジスト L 2 が実質的に改質されない、即ち、現像後のレジスト 2 が所望通りにパターンニングされたままとなっているような程度まで、L 5 のフラッド露光のために使用される照射線が L 4 によって吸収されることを示唆している。任意的に接着層がリフトオフ層 L 4 と感光層 L 5 との間に配置されてもよい。

30

【0047】

実施例 2 におけるプロセスの流れ：

基本的なプロセスの流れは、以下の通りである。

g. レジスト層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；

h. 下側ペリクル層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；

i. 上側ペリクル層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；

j. スキャナでのレジストの露光、図 5 a；

k. ステップ j 中に使用される第 1 の波長と異なる第 2 の波長による上側ペリクル層のフラッド露光、図 5 b 参照；

l. レジストの露光後ベーク P E B、図 5 c；

m. レジストの現像、図 5 d。

40

【0048】

50

図 5 a 乃至図 5 d は、露光及び現像中のプロセスの流れを概略的に示している。スキャナは、スキャナ、ステッパ又はステップスキャンツール等の任意の露光ツールであるものとする。ウェーハの露光中には、図 5 a に示されるように、レジスト L 2 中の選択された領域を露光することに加え、ペリクルの上側層 L 5 中の領域が露光されるものとする。上側ペリクル層の感度が良く、下側ペリクル層が透明ではなく又はレジストの感度が良くないような所定の波長でのその後のフラッド露光により、上側ペリクル層 L 5 は、図 5 b に示されるように、レジスト現像溶液中に完全に溶解することができる。この上側層が化学的に増幅 (C A) されたレジストの化学的性質に基づいている場合、この上側層 L 5 の溶解特性は、その後の P E B の後までほぼ変わらないままである。P E B ステップの結果として、上側ペリクル層 L 5 は、図 5 c に示されるように、現像溶液中に溶解できるようになる。従って、ウェーハの現像中、フラッド露光された上側保護層 L 5 は、溶解することにより、可溶性下側ペリクル層 L 4 及び露光されたレジスト L 2 を現像溶液に対して晒し、それにより、これらの層を現像することができるようになり、その結果、図 5 d に示されるような構造が得られる。この場合も同様に、利点は、レジストコーティングと現像との間の総ての処理を既存の標準的なリソトラック (l i t h o t r a c k) で行うことができるという点である。

10

【0049】

図 6 a 乃至図 6 d、実施例 3：

同様に、この実施例も、2 層ペリクル P E が使用されるという点において実施例 1 と類似している。この場合、層は、現像液可溶性の下側層 L 4 と、上側層 L 5 とからなっている。また、この場合、溶解度切り換えは、露光後バーク P E B によって開始される。この手法において、基本的な材料は、前述したように市販されている。処理は、既存の処理装置を用いて行うことができ、又は、新たなステップを自動化するように既存の装置を変更することができる。

20

【0050】

実施例 3 におけるペリクル組成：

この場合も同様に、図 3 に示される構造が使用される。ペリクル P E は、二つの層、即ち、露光に関係なくレジスト現像溶液中に可溶性であるリフトオフ材料からなる下側層 L 4 と、上側保護層 L 5 とからなっており、この場合、溶解度切り換えは、露光後バークによって開始される。下側ペリクル層 L 4 は、スピンコーティングプロセス中における上側ペリクル L 5 とレジスト層 L 2 との混合を防止するように機能する。上側ペリクル層 L 5 の溶解度の切り換えは、レジスト 上 層 L 2 において切り換えが生じる温度よりも低い温度で起こらなければならない。任意的に接着層がリフトオフ層 L 4 と上側層 L 5 との間に配置されてもよい。

30

【0051】

実施例 3 におけるプロセスの流れ：

基本的なプロセスの流れは、以下の通りである。

- n. レジスト層 (図示せず) のスピンコーティング及び任意的なバークステップ；
- o. 下側ペリクル層 (図示せず) のスピンコーティング及び任意的なバークステップ；
- p. 上側ペリクル層 (図示せず) のスピンコーティング及び任意的なバークステップ；
- q. スキャナでのレジストの露光、図 6 a ；
- r. レジストの 露光後 バーク P E B、図 6 b、及び、その後のフラッド露光、図 6 c ；
- s. レジストの現像、図 6 d。

40

【0052】

図 6 a 乃至図 6 d は、露光及び現像中のプロセスの流れを概略的に示している。スキャナは、スキャナ、ステッパ又はステップスキャンツール等の任意の露光ツールであるものとする。その後の 露光後 バーク中、上側 (保護) ペリクル層 L 5 の溶解度は、レジストを露光するとき露光される部分において切り換えられる。その後、図 6 c に示されるように、上側ペリクル層がレジスト現像溶液中に完全に溶解することができるようフラッド露光が適用される。ウェーハの現像中に、上側保護層 L 5 は、溶解することにより

50

、可溶性下側ペリクル層 L 4 及び露光されたレジストを現像溶液に対して晒し、それにより、これらの層を現像することができるようになり、図 6 d に示される結果が得られる。前述したように、利点は、レジストコーティングと現像との間の総ての処理を、既存の標準的なリソトラック (l i t h o t r a c k) において、軽微な変更、即ち、フラッド露光ユニットの追加を伴って行うことができるという点である。

【0053】

図 7、図 8 a、図 8 b、実施例 4：

この場合、単層ペリクルが使用される。ペリクル P E は感光材料からなり、溶解度切り換えは、レジスト露光の後であって且つ露光後ベーク P E B の前のフラッド露光中に開始される。この手法において、基本的な材料は、前述したように市販されている。処理は、既存の処理装置を用いて行うことができるが、プロセスの流れは、ペリクル層 P E の感度が良く且つレジスト L 2 の感度が良くないような所定の波長でのウェーハの更なるフラッド露光をレジスト露光後に行う必要がある。新たなステップを自動化するように既存の装置を変更することができる。

【0054】

実施例 4 におけるペリクル組成：

図 7 に示されるように、L 1 は基板であり、L 2 はレジストであり、L 3 は浸漬流体であり、L 4 はペリクル P E である。ペリクル P E は、レジスト L 2 を浸漬流体 L 3 から離間させるように機能する。ペリクル P E は単一の層 L 4 からなり、この場合、溶解度切り換えは、スキャナでのレジストの露光後に、ペリクル層のフラッド露光によって開始される。スキャナは、スキャナ、ステッパ又はステップスキャンツール等の任意の露光ツールであるものとする。下側に位置するレジスト層は、このフラッド露光が生じる波長に対しては感度が良くない。

【0055】

実施例 4 におけるプロセスの流れ：

基本的なプロセスの流れは、以下の通りである。

- t. レジスト層 (図示せず) のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；
- u. ペリクル層 (図示せず) のスピンコーティング及び任意的なベークステップ；
- v. スキャナでのレジストの露光、図 8 a；
- w. ステップ v 中に使用される照射線の波長と異なる第 2 の波長を有する照射線を使用したペリクル層のフラッド露光、図 8 b；
- x. レジストの露光後ベーク P E B (図 8 c)；
- y. レジストの現像 (図 8 d)。

【0056】

図 8 a 乃至図 8 d は、露光及び現像中のプロセスの流れを概略的に示している。スキャナは、スキャナ、ステッパ又はステップスキャンツール等の任意の露光ツールであるものとする。ウェーハの露光中には、図 8 a に示されるように、レジスト L 2 中の選択された領域を露光することに加え、ペリクル層 L 4 中の領域が露光されてもよい。上側ペリクル層の感度が良く且つレジストの感度が良くないような所定の波長でのその後のフラッド露光により、ペリクル層は、レジスト現像溶液中に完全に溶解することができる。この上側層が化学的に増幅 (C A) されたレジストの化学的性質に基づいている場合、この上側層の溶解特性は、その後の P E B の後までほぼ変わらないままである。P E B ステップの結果として、ペリクル層 L 4 は、図 8 c に示されるように、現像溶液中に溶解できるようになる。従って、ウェーハの現像中、フラッド露光された保護層 L 4 は、溶解することにより、露光されたレジストを現像溶液に対して晒し、それにより、この層を現像することができるようになり、その結果、図 8 d に示されるような結果が得られる。この場合も同様に、利点は、プロセスの流れがウェーハの更なるフラッド露光を必要とするが、既存の処理装置を使用して処理を行うことができるという点である。既存の装置は、新たなステップを自動化するように変更することができる。

【0057】

図9 a乃至図9 d、実施例5：

ペリクルPEは、溶解度切り換えが露光後バークPEB中に開始されるような材料からなっている。この手法において、基本的な材料は、前述したように市販されている。処理は、既存の処理装置を用いて行うことができる。

【0058】

実施例5におけるペリクル組成：

図7に示されるように、ペリクルは、単層からなっている。この場合、溶解度切り換えは、スキャナでのレジストの露光後において、ペリクル層の露光後バークにより開始される。スキャナは、スキャナ、ステッパ又はステップスキャンツール等の任意の露光ツールであるものとする。ペリクル層L4の溶解度の切り換えは、レジスト層L2において切り換えが生じる温度よりも低い温度で起こらなければならない。

10

【0059】

実施例5におけるプロセスの流れ：

基本的なプロセスの流れは、以下の通りである。

- z. レジスト層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なバークステップ；
- aa. ペリクル層（図示せず）のスピンコーティング及び任意的なバークステップ；
- bb. スキャナでのレジストの露光（図9 a）；
- cc. レジストの露光後バークPEB（図9 b）；
- dd. レジストの現像（図9 c）。

【0060】

20

図9 a乃至図9 dは、露光及び現像中のプロセスの流れを概略的に示している。スキャナは、スキャナ、ステッパ又はステップスキャンツール等の任意の露光ツールであるものとする。

【0061】

図9 bに可溶領域Sで示されるように、ウェーハの露光中には、レジスト層L2だけが局所的に改質される。その後の露光後バーク中、ペリクル層の溶解度は、図9 cに領域Sで示されるように、ペリクル層PEがレジスト現像溶液中に完全に溶解することができるように切り換えられる。現像中、ペリクル層は、溶解することにより、レジストL2を現像溶液に対して晒し、それにより、この層を現像できるようになり、結果として、図9 dの構造が得られる。前述したように、利点は、レジストコーティングと現像との間の総ての処理を、既存の標準的なリソトラック（l i t h o t r a c k）において、軽微な変更、即ち、フラッド露光ユニットの追加を伴って行うことができるという点である。既存の装置は、新たなステップを自動化するように変更することができる。

30

【0062】

実施例6：

本発明の更なる実施の形態においては、更なる単層のペリクル層PE及び方法が提供される。ペリクルは、最初の浸漬液体及び現像溶液において異なる剥離特性を示すようになっている材料を含んでいる。例えば、ペリクルは、水に溶解することができなくてもよいが、塩基性溶液即ちアルカリ溶液、例えば現像液に溶解することができる。現像溶液は、9以上の範囲のpH、例えば13乃至14のpHを有するように調整されるものとする。そのような材料は、248nm及び193nmの上端ARCとしての使用のため、JSR及びTOKから市販されている。あるいは、最初の浸漬液体は塩基性のものであってもよく、また、現像溶液は、水又は約7以下のpHを有する水溶液である。いずれの場合においても、ペリクルは、現像溶液中において除去又は剥離することができ、最初の浸漬液体中では除去又は剥離できないようになっている。

40

【0063】

本発明の実施の一形態は、最大で500nm又は500nmを超えるコーティング厚を与えるプロセスである。処理は、既存の処理装置を使用して行うことができる。このペリクルの概略図が図7に示されているが、この実施の形態では、二つの波長が必要とされず、一つで十分である。

50

【0064】

基本的なプロセスの流れは、以下の通りである。

レジスト層（図示せず）のスピニング及び任意的なベークステップ；

ペリクル層（図示せず）のスピニング及び任意的なベークステップ；

図9aに類似するスキナでのレジストの露光、図9e；

レジストの露光後におけるレジストの露光後ベークPEB。これは、レジストL2における溶解度を局所的に変える、図9fの領域Sを参照；

ペリクル及びレジスト層の現像、図9g；

図9hは、露光及び現像中のプロセスの流れを概略的に示している。ウェーハの露光中には、レジスト層だけが露光される（図9e及び図9f）。 10

【0065】

ウェーハの現像中、ペリクル層が現像溶液中で溶解し又は剥離され、従って、レジストが現像溶液に対して晒され、これにより、この層を現像することができる（図9g）。最終的な結果が図9hに示されている。

【0066】

それぞれが本発明の実施の形態であるペリクルに適した材料は、以下のようなものであってもよい。

a) 水に溶解するが塩基性溶液には溶解しないポリビニルアルコール。この場合、現像溶液は水又は非塩基性水溶液である。

b) 塩基性溶液に溶解するが水又は非塩基性水溶液には溶解しないポリビニルフェノール 20

c) 塩基性溶液に溶解するが水又は非塩基性水溶液には溶解しないポリメタクリル酸。

【0067】

上記実施の形態b)及びc)において、現像液は塩基性溶液であり、最初の浸漬液体は水又は非塩基性水溶液である。

【0068】

適した現像液は、塩基性のテトラメチルアンモニウム水酸化物（TMAH）である。適した溶液は、2乃至3%のテトラメチルアンモニウム水酸化物（CAS No. 75-59-2）と97%乃至98%の水（CAS No. 7732-18-5）とを含んでいる。pH範囲は、通常、13乃至14の範囲である。 30

【0069】

図10乃至図12、プロセス概要

図10は、実施の一形態に係るプロセスの概要を示している。ステップ10では、透明層が表面に配置される。ステップ12では、透明層を通じて照射線が投射されて表面上に合焦される。ステップ14では、透明層が除去される。このステップのセットは、多種多様な用途に適用することができる。図11は、他の実施の形態に係るプロセスの概要を示している。ステップ16では、レジスト上の透明層を通じてパターンがレジスト上に投影される。ステップ18では、透明層の溶解度が変化させられる。ステップ20では、溶解によって、レジストが現像されて透明層が除去される。図12では、ステップ22において、保護層を有する表面が浸漬される。ステップ24においては、光又は他の照射線によって保護層の溶解度が変化させられる。ステップ26においては、保護層が溶解される。この場合も同様に、これらのステップのセットは、多種多様な用途に適用することができる。 40

【0070】

前述したように、流体L3中に浸漬されたレジストL2等の感光層をパターンニングするための照射方法は、除去可能な透明層L4、L5を配置し、存在する場合には浸漬流体及び透明層を通じて感光層上に照射線を投射して、それにより、流体中の不完全部分を表面上に投影される焦点から外し、その後、透明層を除去することを含んでいる。透明層は、そのような不完全部分を表面上の照射線の焦点から離間させるように機能することができ、そのため、シャドウイングを減少させ又は排除することができる。従って、照射が更に 50

複雑になる可能性があるが、欠陥を減少させることができる。それは、例えば流体／表面の界面における浸漬流体中の小さな気泡の形態をなす不完全部分において、特に効果的となり得る。照射線は、検査、処理、パターニング等を含む任意の目的のためのものであってよい。透明層の除去は、任意の適当な方法、例えば機械的処理、化学的処理又は熱処理によって行うことができるとともに、レジスト層等の下側に位置する感光層を現像するステップと組み合わせられてもよい。請求項の範囲内に入る他の変形も考えられる。

【0071】

本発明の他の態様は、浸漬リソグラフィにおけるナノ粒子、即ち、1ミクロン未満の直径を有する粒子の検出に関するものである。この態様は、浸漬リソグラフィにおいて存在する欠陥を、前述したペリクルによって拡大されるレジスト中に直接に印刷することにより容易に検出する新規な技術を提供する。この技術により、欠陥レベルに関するフィードバックが速くなり、高分解能なシステム性能が得られる。

10

【0072】

欠陥ツールの分解能がリソグラフィにおいて使用される露光ツールの分解能と同じ進歩を伴わなければならないことは知られている。従って、浸漬リソグラフィの使用は、分解能要件が増大しているだけでなく、いくつかの新たな浸漬特有の欠陥が導入される場合があることから、欠陥検出を困難なものとしている。現在、浸漬リソグラフィは、半導体ロードマップにおいて確実に定着しているため、欠陥測定学を浸漬リソグラフィ領域へと拡大する以外に選択の余地はない。

【0073】

20

これらの問題のなかでは、浸漬液体中に結果として存在する気泡又は粒子が特に重要なものである。最も問題のある気泡及び／又は粒子は、焦点に近い気泡及び／又は粒子である。浸漬ペリクルが使用されない場合、これらの気泡又は粒子は、レジストの直上にあり、以下の図13のSEM写真から分かるように欠陥として印刷される可能性がある。これらの写真は、薄いTARCの上端に堆積されたポリスチレンビード (bead) を使用して得られたものであるが、いくつかの社内シミュレーションが行われ、ポリスチレンビードは、印刷能力 (印刷適正) の点において気泡を正確に模擬したものであるという考えが支持されている。

【0074】

数十ナノメートルの粒子又は気泡で十分にレジストパターン中に欠陥が形成されると推定され、そのような小さな欠陥を検出するための方法を見出すことが課題である。光学的な方法を使用しなければならないが、SEMによる検査は、汚染を引き起こす場合があり、また、比較的遅いため、魅力的な選択肢ではない。本発明に係る方法は、ペリクルを使用して、任意の気泡又は粒子の影響を低減する。プロセス制御全体においては、ペリクルと浸漬液体との界面に存在する気泡及び／又は粒子のサイズ及び密度を定量化することが依然として必要かもしれない。

30

【0075】

欠陥を検出するために使用される最も簡単な技術は、パターニングされていないウェーハ上での散乱光の測定に基づいている。この技術は比較的高速な方法であり、分解能は、80nmに至るまでと、比較的高い。単一のプロセスステップオフラインの影響を監視することが一般に使用される。しかしながら、この方法は、浸漬リソグラフィでの気泡の場合に役に立たない。これは、気泡が一時的であり露光中にのみ発生し且つオフラインツールで散乱光を使用して検出できないからである。唯一の既存の解決策は、パターニングされたウェーハ上における欠陥を調べることである。取り込まれた画像のダイ間比較を使用してそれを行うことができるいくつかのツールが存在するが、これらの総ては同じ欠点を有している。最も重要なことは、これらの技術が比較的遅いものであるが、レチクルエラーを検出できないといったような、また、より実際的には、配合を、感度を低下させるようにするためにかなりの時間を要するエッジダイのような、固有の他の懸念があるということである。パターニングされたウェーハの欠陥測定の分解能は、パターニングされていないウェーハにおける場合ほど高くはない。これは、最小ピクセルサイズが、現在、0.

40

50

16 μm だからである。

【0076】

欠陥を捉えることは、欠陥制御の最初の部分に過ぎない。他の重要なステップは、欠陥の根源を特定して、歩留りへの影響を最小限に抑制しつつプロセス又は装置に伴う問題を効率的に解決できるようにすることである。パターンングされていないウェーハの使用によって単一のプロセスステップの影響だけが調べられる場合には根源を見つけることは簡単であるが、ダイ間比較を使用するとかなり困難となる。

【0077】

本発明のこの態様において、浸漬リソグラフィにおける気泡及び粒子を特徴付けるという問題に対する簡単な解決策は、前述したペリクルを使用して露光中に直接に浸漬欠陥を印刷することによって与えられ、これにより、レジスト中に特有のフィンガープリント（指紋）が残される。このフィンガープリントは、後述するように、レジスト現像後に検出することができる。

10

【0078】

図14に、原理が概略的に示されている。原理は、約1.5 μm 厚の透明ペリクルPEをレジスト層L2上に堆積させ、また、この積層体を、通常行われているようにレジストL2中で結像させるのではなく、ペリクルの上端、即ち、ペリクルPEと浸漬液体との界面において結像させることにある。好ましくは、低 σ に対応する高コヒーレント光源を用いたオープンフレーム露光が使用される。粒子Pが存在する場合、この粒子は、欠陥及び照明システムにおいて一般的な形状を有する拡大された影を形成する。使用される照明が図14における場合のように双極子である場合には、結果として生じる欠陥の形状が二つとなるが、環状の照明が使用される場合、欠陥はレジスト層中にリングとして印刷される。現像後、この形状がレジスト中に物理的に印刷され、残存するレジストだけが、図15に示されるように欠陥の場所に存在する。

20

【0079】

実際には、欠陥の形状をバックグラウンドノイズから抽出するのは簡単であり、倍率はかなり大きい。なぜなら、結果として生じる直径200 nmビードから外れる影が、1ミクロンよりも大きい距離をもって離間する直径がそれぞれ700 nmよりも大きい二つのドット（点）からなっているからである。これは、現在では非常に特有のフィンガープリントを示している粒子を光学顕微鏡によって検出できるが故に、この方法の利益が生じている場合である。これにより、ウェーハの表面全体を非常に高速で検査することができ、また、倍率がそのまま分解能の向上につながる。従って、本発明のこの態様に係る方法において、ペリクルと浸漬液体との間の界面の欠陥は、拡大されてレジスト中に印刷される。印刷された欠陥は、使用される照明に応じて特定の形状を有している。これらの拡大及び形状は、比較的簡単で高スループットのスクリーニング方法を使用して、粒子の容易な検出を可能にする。

30

【0080】

前述したように、欠陥の根源を発見してそのサイズ及び形状を知ることができることは、欠陥検査においても重要である。レジストの上端の欠陥だけが印刷され、レジストそれ自体からの欠陥は焦点から外れているため、最初の選択は方法に固有のものである。また、レジスト中に印刷される二つのダブルパターン間の距離は、欠陥とレジストとの間の距離に直接に関連しているため、ペリクルの上端の粒子は、当初の欠陥のサイズ及び形状とは無関係に、二つの形状間の特定の距離をもって印刷される。欠陥のサイズに関しては、露光条件が固定されている場合にはレジストパターンのサイズが当初の欠陥サイズに比例するため、拡大があった場合でも、それを簡単に発見することができる。また、露光エネルギーが変わると、このサイズに応じて印刷能力に影響が及び、そのため、エネルギー蛇行が適用される場合には、異なるエネルギーにおいて異なる欠陥サイズが現れ、これにより、エネルギー蛇行に沿って欠陥サイズのランキング（序列）が実現される。

40

【0081】

この方法の他の実用的な利点は、位置を決定して直ちに視覚化できるという点である。

50

レジストパターンの形状及びサイズは、当初の欠陥のうちの一つの形状（照明形状に関連する）に直接に関連付けられ、それにより、分類を行って欠陥の根源を決定することができる。

【0082】

この方法の最も直接的な用途は、システム及び／又はプロセスの認定であり、また、新しい浸漬リソグラフィツールを認定するために直ちに必要な気泡検出の例は、そのような技術の必要性の証明である。厚いペリクルがトポグラフィを滑らかにしているため、先のステップからトポグラフィによりもたらされる気泡は、この方法によって検出することができず、そのため、水流、シャワーヘッド構造、システム適格性状を可視化する例えば脱泡に起因する水質等のシステムに依存する欠陥だけが検出される。

10

【0083】

ペリクルは、先の段落で説明した検査において使用され得ることに留意すべきであるが、浸漬リソグラフィにおいてペリクルが使用される場合には、一つのダイを露光して、レジスト中に合焦するのではなくペリクルの上端で合焦し、その後、このダイを使用してこの露光に対応する欠陥レベルをインライン検査できることについて考えることができる。

【0084】

要約すると、本発明のこの態様は、以下の利点を有する浸漬リソグラフィツールにおいて粒子を検出するための方法を提供する。

【0085】

分解能は、ペリクルによる拡大に起因して向上させられる。分解能は、ペリクルの厚さ、光学系のNA、現像されたレジストの検査において使用される光学顕微鏡の分解能によって決まる。

20

【0086】

欠陥の根源を検索することができる。即ち、焦点はペリクルの上端に設定され、従って、この領域の粒子だけが印刷される。また、ピッチは、固定されるとともに、レジストと粒子との間の距離に固有のものである。

【0087】

レジスト中に印刷される欠陥のパターンは、容易に認識することができる。即ち、ピッチは固定されるが、パターンは粒子形状に関連する。図13及び図14の実施例において、各ドットのサイズ及び形状は、この実施例では200nmのポリスチレンビードのサイズ及び形状に関連している。

30

【0088】

方法は、比較的高速である。即ち、光学顕微鏡の使用により、この技術が非常に高速なものとなり、ウェーハ全体の検査が可能になる。しかしながら、方法は、光学顕微鏡の使用に限定されない。他の検査手段が同様に使用されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1a】扱われる問題を示すプロセスの概略図を示している。

【図1b】扱われる問題を示すプロセスの概略図を示している。

【図1c】扱われる問題を示すプロセスの概略図を示している。

【図1d】扱われる問題を示すプロセスの概略図を示している。

40

【図2a】本発明の実施の一形態の同様の概略図を示している。

【図2b】本発明の実施の一形態の同様の概略図を示している。

【図3】レジスト露光中に上側層の溶解度を変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示しており、ペリクルを通じて露光するステップと、ペリクルを除去するステップとを示している。

【図4a】レジスト露光中に上側層の溶解度を変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示しており、ペリクルを通じて露光するステップと、ペリクルを除去するステップとを示している。

【図4b】レジスト露光中に上側層の溶解度を変更される2層ペリクルを使用する他の実

50

施の形態を示しており、ペリクルを通じて露光するステップと、ペリクルを除去するステップとを示している。

【図4c】レジスト露光中に上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示しており、ペリクルを通じて露光するステップと、ペリクルを除去するステップとを示している。

【図4d】レジスト露光中に上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示しており、ペリクルを通じて露光するステップと、ペリクルを除去するステップとを示している。

【図5a】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

10

【図5b】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図5c】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図5d】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図6a】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図6b】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

20

【図6c】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図6d】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される2層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図7】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図8a】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図8b】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

30

【図8c】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図8d】露光後ベークの前にフラッド露光により上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する他の実施の形態を示している。

【図9a】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

【図9b】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

【図9c】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

40

【図9d】露光後ベーク中に上側層の溶解度が変更される単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

【図9e】上側層の溶解度が現像溶液中で異なっている単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

【図9f】上側層の溶解度が現像溶液中で異なっている単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

【図9g】上側層の溶解度が現像溶液中で異なっている単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

【図9h】上側層の溶解度が現像溶液中で異なっている単層ペリクルを使用する更なる実施の形態を示している。

50

【図 1 0】 本発明の実施の形態に係るプロセスのフローを示している。

【図 1 1】 本発明の実施の形態に係るプロセスのフローを示している。

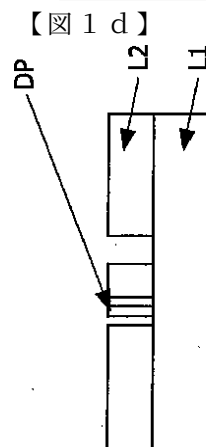
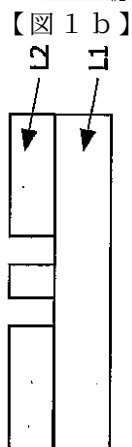
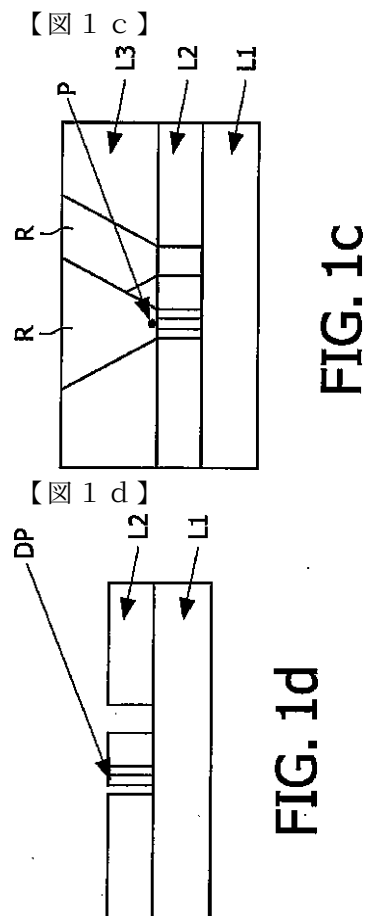
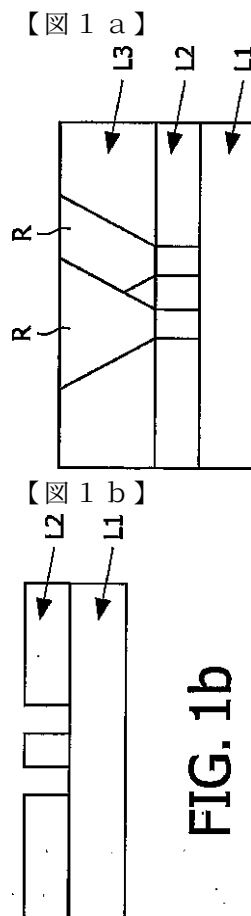
【図 1 2】 本発明の実施の形態に係るプロセスのフローを示している。

【図 1 3】 本発明に係るペリクルを使用することなくレジスト中に印刷される直径が 1 0 0 n m (左) 及び 2 0 0 n m (右) のポリスチレンビード (b e a d) の S E M 画像を示している。

【図 1 4】 ダイポール照射を使用するナノ粒子検出の原理を示している。

【図 1 5】 フォトリソスト中に二つの粒子形状として印刷するダイポール照明源の鮮明画像をそれぞれが形成する二つの粒子の S E M 画像 (左) 及びその拡大画像 (右) を示している。

10



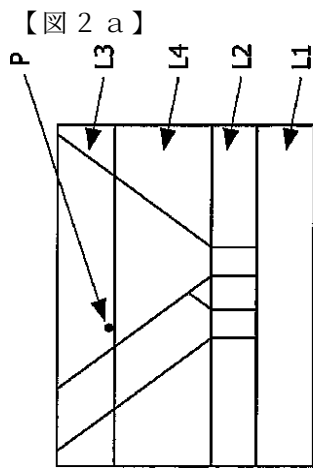


FIG. 2a

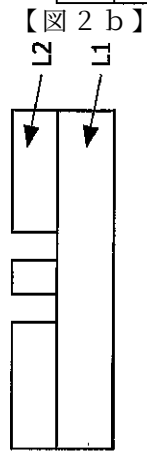


FIG. 2b

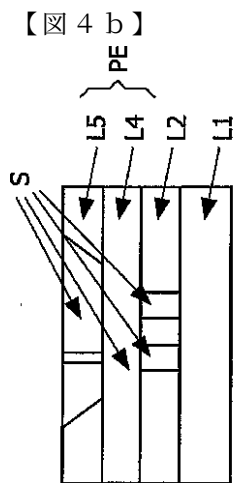


FIG. 4b

【図 4 c】

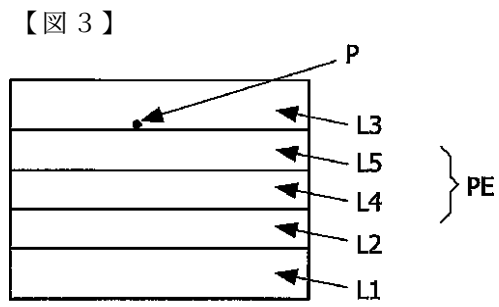
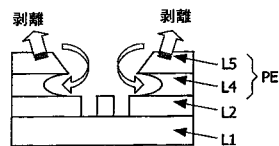


FIG. 3

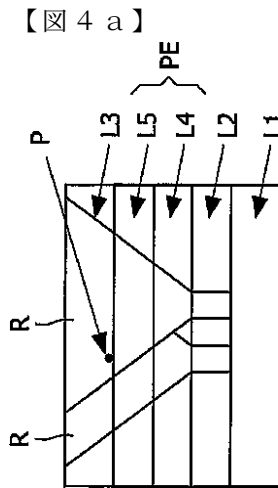


FIG. 4a

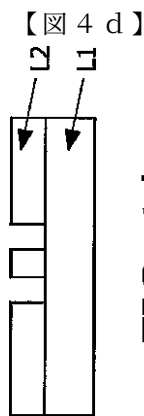


FIG. 4d

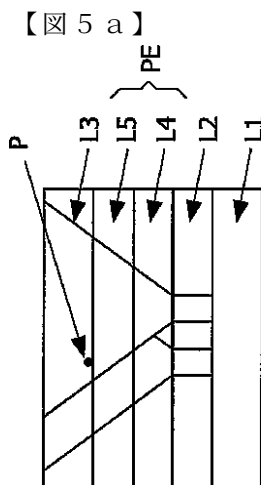


FIG. 5a

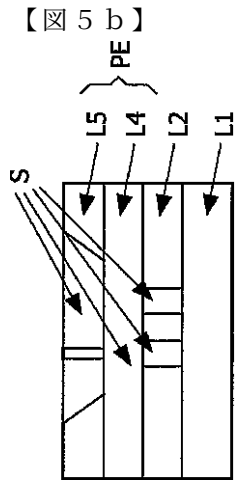


FIG. 5b

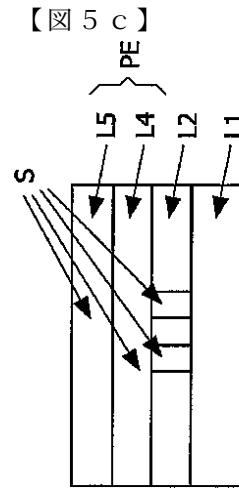


FIG. 5c

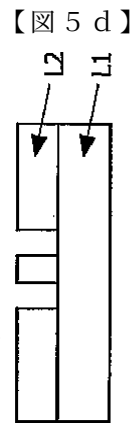


FIG. 5d

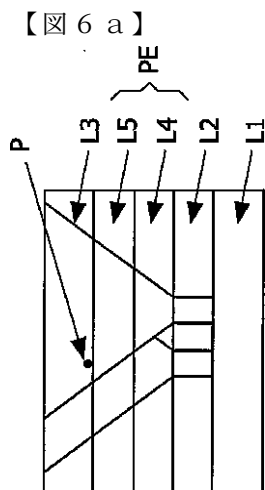


FIG. 6a

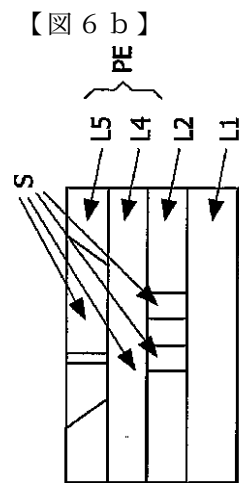


FIG. 6b

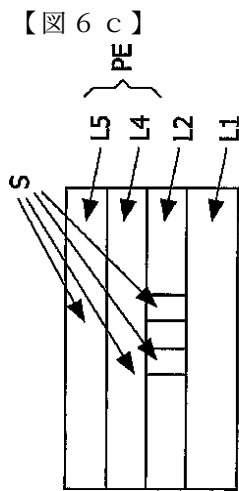


FIG. 6c

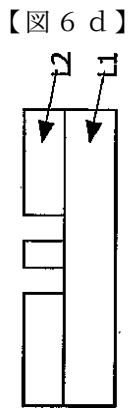


FIG. 6d

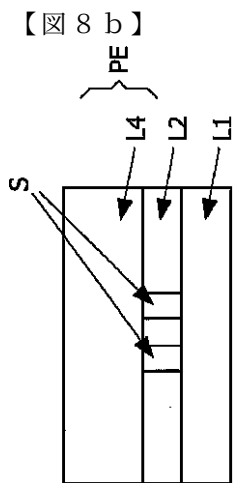


FIG. 8b

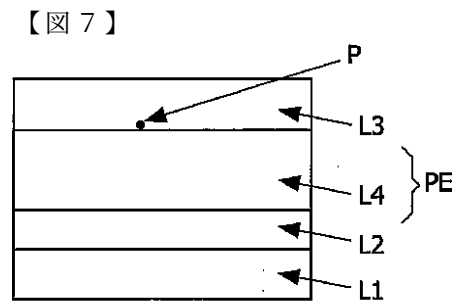


FIG. 7

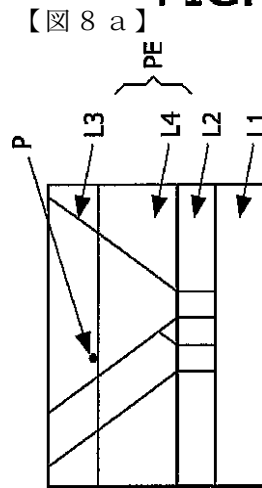


FIG. 8a

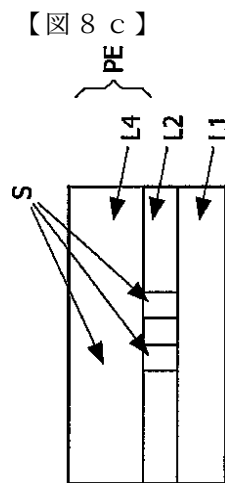


FIG. 8c



FIG. 8d

【図 9 a】

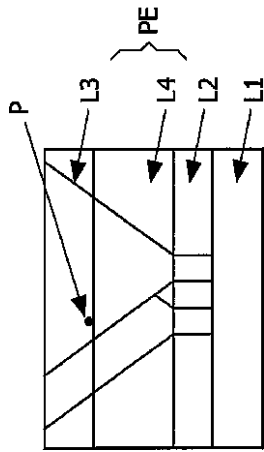


FIG. 9a

【図 9 b】

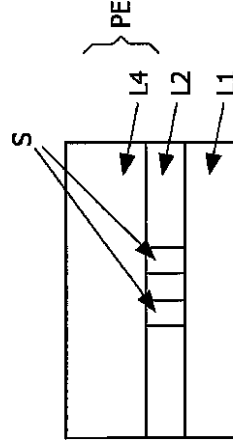


FIG. 9b

【図 9 c】

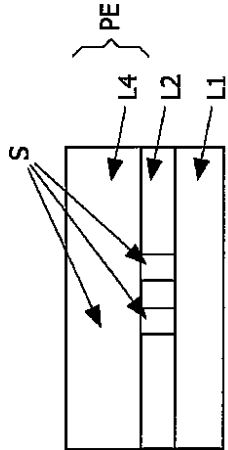


FIG. 9c

【図 9 d】

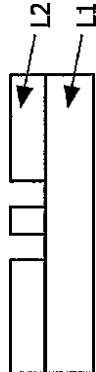


FIG. 9d

【図 9 e】

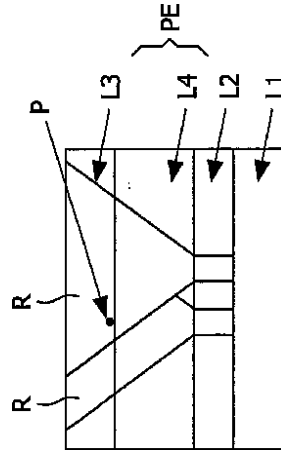
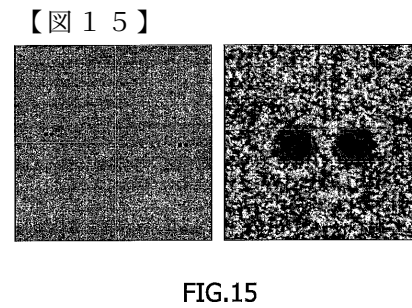
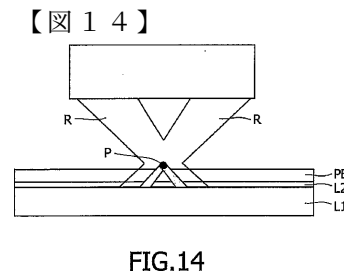
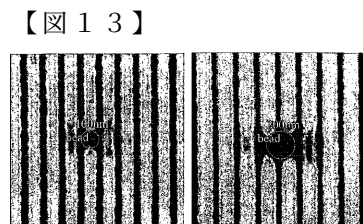
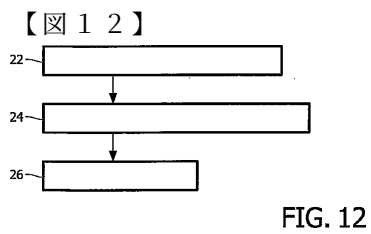
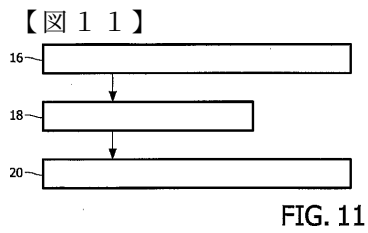
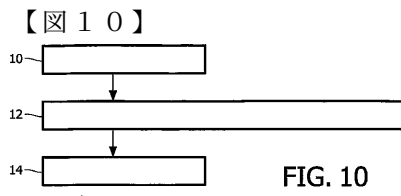
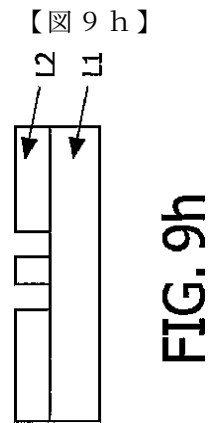
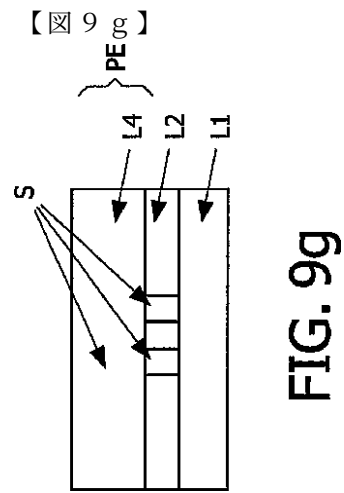
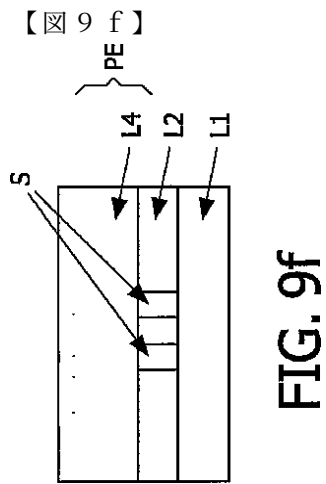


FIG. 9e



フロントページの続き

- (74)代理人 100096921
弁理士 吉元 弘
- (74)代理人 100103263
弁理士 川崎 康
- (74)代理人 100112793
弁理士 高橋 佳大
- (72)発明者 ペーター、ディルクセン
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 ロバート、ディー. モートン
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 ペーター、ザントベルヘン
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 デイビッド、ファン、スティーンウィンケル
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 ユリ、アクセノフ
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 イェロエン、ハー. ラマース
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 ヨハネス、ファン、ウィングーデン
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6
- (72)発明者 ローラン、マリニエ
オランダ国5656、アーアー、アインドーフェン、ケアオブ、プロフ. ホルストラーン、6

審査官 新井 重雄

- (56)参考文献 特開2005-099648 (JP, A)
特開平05-018400 (JP, A)
特開平07-029799 (JP, A)
特開昭64-008583 (JP, A)
特開平07-220990 (JP, A)
米国特許第06555234 (US, B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/11

G03F 7/38