(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3900901号

(P3900901)

(45)発行日　平成19年4月4日(2007.4.4)　(24)登録日　平成19年1月12日(2007.1.12)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/027	(2006.01)	H01L	21/30	541S
G03F 1/16	(2006.01)	G03F	1/16	B
G03F 7/20	(2006.01)	G03F	1/16	Z
		G03F	7/20	504
		G03F	7/20	521

請求項の数 8　(全 13 頁)

(21)出願番号　特願2001-352014(P2001-352014)
(22)出願日　平成13年11月16日(2001.11.16)
(65)公開番号　特開2003-151890(P2003-151890A)
(43)公開日　平成15年5月23日(2003.5.23)
審査請求日　平成15年3月4日(2003.3.4)

(73)特許権者　000002185
ソニー株式会社
東京都港区港南１丁目７番１号
(74)代理人　100094053
弁理士　佐藤　隆久
(72)発明者　吉澤　正樹
東京都品川区北品川６丁目７番３５号　ソニー株式会社内

審査官　岩本　勉

最終頁に続く

(54)【発明の名称】マスクおよびその製造方法と半導体装置の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

薄膜と、

前記薄膜に形成された荷電粒子線が透過する孔と、

前記薄膜の一方の面に形成された支持層と、

前記支持層に形成された開口部であって、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で形成された前記開口部と、

前記開口部を除く前記支持層上の少なくとも一部にエッチングストッパー層を介して形成された、前記薄膜を支持する支持枠と

を有するマスク。

【請求項２】

前記エッチングストッパー層は、前記支持層に前記開口部を形成するためのエッチング液またはエッチングガスに対して耐性を有する

請求項１記載のマスク。

【請求項３】

前記孔を除く前記薄膜上の少なくとも一部に形成された、前記薄膜を支持する支持枠をさらに有する

請求項１記載のマスク。

【請求項４】

前記荷電粒子線は電子線を含む

請求項１記載のマスク。
【請求項５】
基板の一方の面にエッチングストッパー層を介して支持層を形成する工程と、
前記支持層上に薄膜を形成する工程と、
前記基板の他方の面側から前記基板の一部を除去して前記エッチングストッパー層の一部を露出させ、前記エッチングストッパー層の露出部分の周囲に前記基板の一部からなる支持枠を形成する工程と、
前記支持枠部分を除く前記薄膜の一部に、荷電粒子線が透過する孔を形成する工程と、
前記支持層に前記孔を介してエッチング液またはエッチングガスを供給し、前記薄膜と前記エッチングストッパー層との間で等方性エッチングを行って、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で開口部を形成する工程と、
前記支持枠部分を除く前記エッチングストッパー層を除去する工程とを有する
マスクの製造方法。
【請求項６】
基板の一方の面に薄膜を形成する工程と、
前記薄膜上に支持層を形成する工程と、
前記基板の他方の面側から前記基板の一部を除去して前記薄膜の一部を露出させ、前記薄膜の露出部分の周囲に前記基板の一部からなる支持枠を形成する工程と、
前記支持層上にエッチングストッパー層を形成する工程と、
前記支持枠部分を除く前記薄膜の一部に、荷電粒子線が透過する孔を形成する工程と、
前記支持層に前記孔を介してエッチング液またはエッチングガスを供給し、前記薄膜と前記エッチングストッパー層との間で等方性エッチングを行って、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で開口部を形成する工程と、
前記エッチングストッパー層を除去する工程とを有する
マスクの製造方法。
【請求項７】
所定のマスクパターンが形成されたマスクを介して、感光面に荷電粒子線を照射し、前記感光面に前記マスクパターンを転写する工程を有する半導体装置の製造方法であって、
前記マスクとして、薄膜と、
前記薄膜に形成された荷電粒子線が透過する孔と、
前記薄膜の一方の面に形成された支持層と、
前記支持層に形成された開口部であって、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で形成された前記開口部と、
前記開口部を除く前記支持層上の少なくとも一部にエッチングストッパー層を介して形成された、前記薄膜を支持する支持枠と、
前記支持層に前記開口部を形成するためのエッチング液またはエッチングガスに対して耐性を有する前記エッチングストッパー層とを有するマスクを用いる
半導体装置の製造方法。
【請求項８】
所定のマスクパターンが形成されたマスクを介して、感光面に荷電粒子線を照射し、前記感光面に前記マスクパターンを転写する工程を有する半導体装置の製造方法であって、
前記マスクとして、薄膜と、
前記薄膜に形成された荷電粒子線が透過する孔と、
前記薄膜の一方の面に形成された支持層と、
前記支持層に形成された開口部であって、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で形成された前記開口部と、
前記孔を除く前記薄膜上の少なくとも一部に形成された、前記薄膜を支持する支持枠とを有するマスクを用いる
半導体装置の製造方法。
【発明の詳細な説明】

【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、荷電粒子転写型リソグラフィ用のマスクおよびその製造方法と、荷電粒子転写型リソグラフィ工程を含む半導体装置の製造方法に関する。
【０００２】
【従来の技術】
ＬＳＩの微細化に伴い、電子線転写型リソグラフィ（ＥＰＬ；electron beamprojection lithography）の実用化が期待されている。実用化が進められているＥＰＬとしては、ＩＢＭとニコンが共同開発しているＰＲＥＶＡＩＬ（projection exposure with variable axis immersion lenses)（H. C. Pfeiffer他　Journal of Vacuum Science and Technology B17 p.2840 (1999)）が挙げられる。
また、リープル、東京精密およびソニーが共同開発しているＬＥＥＰＬ（lowenergy electron-beam proximity projection lithography)（T. Utsumi, Journal of Vacuum Science and Technology B17 p.2897 (1999))が挙げられる。
【０００３】
ＰＲＥＶＡＩＬ用マスクとしては、シリコンからなる２μｍ厚の薄膜（メンブレン）に孔を開けてパターンが形成されたステンシルマスクが提案されている。ＬＥＥＰＬ用マスクとしては、シリコンまたはダイアモンドからなる５００ｎｍ厚のメンブレンに孔を開けてパターンが形成されたステンシルマスクが提案されている。
【０００４】
ＰＲＥＶＡＩＬは通常、４倍の縮小投影系であり、１００ｋｅＶ程度の電子線が用いられる。ＰＲＥＶＡＩＬ用ステンシルマスクを用いて露光を行う場合、電子線が孔の開いた部分のみ無散乱で透過し、レジスト上に結像されて、パターンが転写される。
一方、ＬＥＥＰＬは等倍投影系であり、例えば２ｋｅＶの電子線が用いられる。ＬＥＥＰＬ用ステンシルマスクを用いて露光を行う場合、電子線が孔の開いた部分のみ透過し、パターンが等倍で転写される。
【０００５】
【発明が解決しようとする課題】
しかしながら、上記の従来のステンシルマスクによれば、マスクの加工性を向上させ、微細パターンを形成する目的でメンブレン厚を薄くすると、マスク強度が低下する。特に、ＬＥＥＰＬ用ステンシルマスクは、メンブレン厚が薄いため、マスク強度の低下が問題となりやすい。
【０００６】
メンブレン材料としてシリコンを用いた場合は、ダイアモンドを用いる場合に比較して、マスク強度の低下がより顕著となる。マスク強度が不足した場合、例えばマスクの洗浄時や、マスクを露光機に装填する際に、パターンが破壊しやすくなる。
【０００７】
また、メンブレンの面積が大きい場合には、メンブレン厚を薄くするとメンブレンがたわみやすくなる。メンブレンがたわむと、パターンの位置精度が低下したり、パターンに歪みが生じたりする。半導体装置に微細パターンを形成するには、メンブレンのたわみや歪みを防止する必要がある。
【０００８】
本発明は上記の問題点に鑑みてなされたものであり、したがって、本発明は、メンブレンの薄膜化と、マスク強度の維持を両立させることができるマスクおよびその製造方法を提供することを目的とする。
また、本発明は、微細パターンを高精度に形成できる半導体装置の製造方法を提供することを目的とする。
【０００９】
【課題を解決するための手段】
上記の目的を達成するため、本発明のマスクは、薄膜と、前記薄膜に形成された荷電粒

子線が透過する孔と、前記薄膜の一方の面に形成された支持層と、前記支持層に形成された開口部であって、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で形成された前記開口部と、前記開口部を除く前記支持層上の少なくとも一部にエッチングストッパー層を介して形成された、前記薄膜を支持する支持枠とを有することを特徴とする。好適には、前記荷電粒子線は電子線を含む。

【００１０】

これにより、マスクの薄膜（メンブレン）を薄くしても、支持層によって薄膜が補強され、メンブレンの破損が防止される。本発明のマスクによれば、荷電粒子線が透過する孔以外の部分の薄膜が、支持層により均一に補強される。また、薄膜の厚さを薄くできることから、孔を形成するときの加工性が向上する。したがって、マスクパターンに対応する孔が薄膜に高精度に形成される。

【００１１】

上記の目的を達成するため、本発明のマスクの製造方法は、基板の一方の面にエッチングストッパー層を介して支持層を形成する工程と、前記支持層上に薄膜を形成する工程と、前記基板の他方の面側から前記基板の一部を除去して、前記基板材料からなる支持枠を形成し、前記支持枠部分を除き前記エッチングストッパー層を露出させる工程と、前記支持枠部分を除く前記薄膜に、荷電粒子線が透過する孔を形成する工程と、前記支持層に前記孔を介してエッチング液またはエッチングガスを供給し、前記薄膜と前記エッチングストッパー層との間で等方性エッチングを行って、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で開口部を形成する工程と、前記支持枠部分を除く前記エッチングストッパー層を除去する工程とを有することを特徴とする。

【００１２】

あるいは、本発明のマスクの製造方法は、基板の一方の面に薄膜を形成する工程と、前記薄膜上に支持層を形成する工程と、前記基板の他方の面側から前記基板の一部を除去して、前記基板材料からなる支持枠を形成し、前記支持枠部分を除き前記薄膜を露出させる工程と、前記支持層上にエッチングストッパー層を形成する工程と、前記支持枠部分を除く前記薄膜に、荷電粒子線が透過する孔を形成する工程と、前記支持層に前記孔を介してエッチング液またはエッチングガスを供給し、前記薄膜と前記エッチングストッパー層との間で等方性エッチングを行って、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で開口部を形成する工程と、前記エッチングストッパー層を除去する工程とを有することを特徴とする。

【００１３】

これにより、孔部分に接する支持層を、孔に自己整合的に除去することが可能となる。したがって、孔以外の部分の薄膜を支持層で補強できる。また、支持層の開口部が孔に自己整合的に、孔よりも広い径で形成されることから、支持層によって荷電粒子線が妨げられることはない。

【００１４】

上記の目的を達成するため、本発明の半導体装置の製造方法は、所定のマスクパターンが形成されたマスクを介して、感光面に荷電粒子線を照射し、前記感光面に前記マスクパターンを転写する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記マスクとして、薄膜と、前記薄膜に形成された荷電粒子線が透過する孔と、前記薄膜の一方の面に形成された支持層と、前記支持層に形成された開口部であって、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で形成された前記開口部と、前記開口部を除く前記支持層上の少なくとも一部にエッチングストッパー層を介して形成された、前記薄膜を支持する支持枠と、前記支持層に前記開口部を形成するためのエッチング液に対して耐性を有する前記エッチングストッパー層とを有するマスクを用いることを特徴とする。

【００１５】

あるいは、本発明の半導体装置の製造方法は、所定のマスクパターンが形成されたマスクを介して、感光面に荷電粒子線を照射し、前記感光面に前記マスクパターンを転写する工程を有する半導体装置の製造方法であって、前記マスクとして、薄膜と、前記薄膜に形成

された荷電粒子線が透過する孔と、前記薄膜の一方の面に形成された支持層と、前記支持層に形成された開口部であって、前記孔に自己整合的に前記孔よりも広い径で形成された前記開口部と、前記孔を除く前記薄膜上の少なくとも一部に形成された、前記薄膜を支持する支持枠とを有するマスクを用いることを特徴とする。

【００１６】

これにより、マスクの使用時、運搬時あるいは洗浄時のマスクの破損が防止される。また、マスクの薄膜が支持層によって補強されることから、薄膜のたわみが防止され、薄膜のたわみに由来するパターンの位置ずれや歪みが低減される。したがって、荷電粒子転写型リソグラフィにおいて微細パターンを高精度に転写できる。

【００１７】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明のマスクおよびその製造方法と半導体装置の製造方法の実施の形態について、図面を参照して説明する。

（実施形態１）

図１は本実施形態のマスクの断面図である。本実施形態のステンシルマスク１は、ＬＥＥＰＬに好適に用いられる。

【００１８】

図１に示すように、ステンシルマスク１はメンブレン２を有し、メンブレン２は例えばシリコン層２ａの一部である。メンブレン２にはマスクパターンに対応した孔３が形成されている。等倍投影系のＬＥＥＰＬ用ステンシルマスクの場合、メンブレン２の大きさは、チップの大きさとほぼ同程度の数ｍｍ角～数１０ｍｍ角となる。メンブレン２の材料としては、シリコン以外にダイアモンドも用いられる。メンブレン２の厚さは例えば５００ｎｍであるが、ＥＰＬに用いる電子線のエネルギーや支持層４の材料または厚さ等に応じて適宜変更することもできる。

【００１９】

メンブレン２の一方の面には、支持層４として例えば厚さ３００ｎｍのシリコン酸化膜が形成されている。孔３に接する部分の支持層４は、孔３に自己整合的に除去されている。これにより、支持層４には孔３よりも口径の大きい開口部５が形成されている。

【００２０】

支持層４の材料は、メンブレン２に孔３を形成するためのエッチングに用いられるエッチャントに対して耐性があり、かつメンブレン２を支持できる材料であれば、他の材料に変更してもよい。例えばシリコン窒化膜、シリコン酸化窒化膜、ダイアモンド、ＤＬＣ（diamond like carbon)あるいは金属等を、支持層４の材料とすることもできる。

【００２１】

支持層４のメンブレン２と反対側の面には、エッチングストッパー層６として例えば厚さ１００ｎｍのシリコン窒化膜が形成されている。メンブレン２部分のエッチングストッパー層６は除去されている。

ステンシルマスク１には、メンブレン２を囲むように支持枠（フレーム）７が形成されている。

【００２２】

フレーム７はメンブレン２の機械的強度を補強し、ステンシルマスク１の製造時および使用時におけるメンブレン２の破損を防止する目的で設けられる。フレーム７は、例えばシリコンウェハにメンブレン２のパターンを元にしたフレーム用パターンでエッチングを行うことにより形成される。

【００２３】

上記の本実施形態のステンシルマスク１によれば、孔３の近傍を除くメンブレン２が支持層４によって補強されているため、メンブレン２の破損が防止される。また、支持層４には孔３に自己整合的に孔３よりも大きい開口部５が形成されているため、支持層４がパターンの転写に影響を及ぼすことはない。さらに、支持層４によりメンブレン２が補強されるため、メンブレン２の薄膜化が可能となる。したがって、メンブレン２の加工性が向上

し、微細パターンを高精度に形成するのが容易となる。

【００２４】

次に、上記の本実施形態のマスクの製造方法について説明する。まず、図２（ａ）に示すように、シリコンウェハ７ａ上にエッチングストッパー層６として例えばシリコン窒化膜を、化学気相成長（ＣＶＤ；chemical vapor deposition)により形成する。

【００２５】

その上層に、支持層４として例えばシリコン酸化膜をＣＶＤにより形成する。さらに、支持層４の上層にメンブレン２となる単結晶シリコン層２ａを、例えばエピタキシャル成長により形成する。あるいは、単結晶シリコン層のかわりに多結晶シリコン層やアモルファスシリコン層をＣＶＤにより形成してもよい。但し、機械的強度からは単結晶シリコンが望ましい。

シリコン層２ａの上層に、保護層８として例えばシリコン酸化膜をＣＶＤにより形成する。保護層８としては、シリコンウェハ７ａのエッチングに用いられるエッチャントに対して耐性があれば、シリコン酸化膜以外の層を用いることもできる。

【００２６】

次に、図２（ｂ）に示すように、シリコンウェハ７ａの裏面に、メンブレン２（図１参照）のパターンを元にしたフレーム用パターンでレジスト９を形成する。続いて、レジスト９をマスクとしてシリコンウェハ７ａにウェットエッチングを行い、フレーム７を形成する。このウェットエッチングのエッチャントとしては、例えば水酸化カリウム（ＫＯＨ）またはテトラメチルアンモニウムヒドロキシド（ＴＭＡＨ；tetramethylammonium hydroxide)を用いることができる。

その後、レジスト９および保護層８を除去する。保護層８としてシリコン酸化膜を形成した場合、例えばフッ酸とフッ化アンモニウムを含む緩衝液（ＢＨＦ溶液）を用いたウェットエッチングにより保護層８を除去できる。

【００２７】

あるいは、シリコンウェハ７ａにドライエッチングを行って、フレーム７を形成することもできる。このドライエッチングにはエッチャントとして例えばSF_6やNF_3等のフッ素系ガスを用いることができる。但し、ドライエッチングの場合、レジストのエッチングも進行しやすく、シリコンウェハ７ａの厚さ分のエッチングが完了する前に、レジストがなくなることがある。

【００２８】

これを防ぐため、予めシリコンウェハ７ａの裏面に、エッチングマスク層として例えば熱酸化膜等を形成してもよい。レジストをマスクとしてエッチングマスク層にエッチングを行ってから、シリコンウェハ７ａにエッチングを行うことにより、所定のパターンでシリコンウェハ７ａの厚さ分のエッチングを行い、フレーム７を形成することができる。

【００２９】

次に、図３（ｃ）に示すように、シリコン層２ａ上に孔３（図１参照）のパターンでレジスト１０を形成する。レジスト１０をマスクとしてシリコン層２ａに例えばドライエッチングを行い、孔３を形成する。その後、レジスト１０を除去する。

【００３０】

次に、図３（ｄ）に示すように、シリコン層２ａ側から孔３を介してエッチング液またはエッチングガスを供給して支持層４に等方性エッチングを行う。支持層４としてシリコン酸化膜を形成した場合、エッチング液として例えばＢＨＦ溶液を用いることにより、孔３に自己整合的に孔３よりも口径の広い開口部５が形成される。ここでエッチングストッパー層６が形成されていることにより、エッチングは支持層４内で進行する。

【００３１】

その後、図１に示すように、フレーム７をマスクとしてエッチングストッパー層６にエッチングを行い、メンブレン２部分のエッチングストッパー層６を除去する。エッチングストッパー層６としてシリコン窒化膜を形成した場合、例えば加温したリン酸を用いたウェットエッチングにより、支持層４のシリコン酸化膜やメンブレン２のシリコン層に対して

エッチングストッパー層６のみ選択的に除去できる。
【００３２】
以上の工程により、上記の本実施形態のステンシルマスク１が形成される。
本実施形態の半導体装置の製造方法は、上記の本実施形態のステンシルマスク１を用いたＬＥＥＰＬ工程を含む。図１のステンシルマスク１のメンブレン２側にウェハを配置し、フレーム７側から電子線を照射する。電子線が孔３を透過して、ウェハ上のレジストにマスクパターンが転写される。
上記の本実施形態のステンシルマスク１によれば、メンブレン２が補強され、メンブレン２のたわみが防止されるため、パターンの位置ずれや歪みが防止され、高精度に微細パターンを転写できる。
【００３３】
（実施形態２）
図４（ａ）は本実施形態のマスクの断面図である。本実施形態のステンシルマスク１１は、ＬＥＥＰＬに好適に用いられる。
図４（ａ）に示すように、ステンシルマスク１１はメンブレン１２を有し、メンブレン１２は例えばシリコン層１２ａの一部である。メンブレン１２にはマスクパターンに対応した孔１３が形成されている。
【００３４】
等倍投影系のＬＥＥＰＬ用ステンシルマスクの場合、メンブレン１２の大きさは、チップの大きさとほぼ同程度の数ｍｍ角～数１０ｍｍ角となる。メンブレン１２の材料としては、シリコン以外にダイアモンドも用いられる。メンブレン１２の厚さは例えば３００ｎｍであるが、ＥＰＬに用いる電子線のエネルギーや支持層１４の材料または厚さ等に応じて適宜変更することもできる。
【００３５】
メンブレン１２の一方の面には、支持層１４として例えば厚さ５００ｎｍのシリコン窒化膜が形成されている。孔１３に接する部分の支持層１４は、孔１３に自己整合的に除去されている。これにより、支持層１４には孔１３よりも口径の大きい開口部１５が形成されている。
【００３６】
支持層１４の材料は、メンブレン１２に孔１３を形成するためのエッチングに用いられるエッチャントに対して耐性があり、かつメンブレン１２を支持できる材料であれば、他の材料に変更してもよい。例えばシリコン酸化膜、シリコン酸化窒化膜、ダイアモンド、ＤＬＣあるいは金属等を、支持層１４の材料とすることもできる。
【００３７】
ステンシルマスク１１には、メンブレン１２を囲むようにフレーム１６が形成されている。フレーム１６はメンブレン１２の機械的強度を補強し、ステンシルマスク１１の製造時および使用時におけるメンブレン１２の破損を防止する目的で設けられる。フレーム１６は、例えばシリコンウェハにメンブレン１２のパターンを元にしたフレーム用パターンでエッチングを行うことにより形成される。
【００３８】
シリコン層１２ａとフレーム１６との間には、例えば厚さ１００ｎｍのシリコン酸化膜１７が形成されている。シリコン酸化膜１７はシリコンウェハにエッチングを行ってフレーム１６を形成する際に、エッチングストッパー層として用いられる。シリコン酸化膜１７を他の材料からなる層に変更することもできるが、シリコン層１２ａとフレーム１６との間がシリコン酸化膜１７であれば、フレーム１６とメンブレン１２をＳＯＩ基板から作製できる。
【００３９】
上記の本実施形態のステンシルマスク１１によれば、孔１３の近傍を除くメンブレン１２が支持層１４によって補強されているため、メンブレン１２の破損が防止される。また、支持層１４には孔１３に自己整合的に孔１３よりも大きい開口部１５が形成されているた

め、支持層１４がパターンの転写に影響を及ぼすことはない。さらに、支持層１４によりメンブレン１２が補強されるため、メンブレン１２の薄膜化が可能となる。したがって、メンブレン１２の加工性が向上し、微細パターンを高精度に形成するのが容易となる。

【００４０】

次に、上記の本実施形態のマスクの製造方法について説明する。まず、図４（ｂ）に示すように、シリコンウェハ１６ａ上にシリコン酸化膜１７を介してシリコン層１２ａが形成されたＳＯＩ基板１８上に、支持層１４として例えばシリコン窒化膜をＣＶＤにより形成する。

【００４１】

次に、図５（ｃ）に示すように、シリコンウェハ１６ａの裏面に、メンブレン１２（図４（ａ）参照）のパターンを元にしたフレーム用パターンでレジスト１９を形成する。続いて、レジスト１９をマスクとしてシリコンウェハ１６ａにエッチングを行い、フレーム１６を形成する。このエッチングは実施形態１と同様に、ウェットエッチングまたはドライエッチングにより行う。このとき、シリコン酸化膜１７がエッチングストッパー層となる。フレーム１６の形成後、レジスト１９を除去する。

【００４２】

次に、図５（ｄ）に示すように、フレーム１６をマスクとしてシリコン酸化膜１７にエッチングを行い、メンブレン１２部分（図４（ａ）参照）のシリコン酸化膜１７を除去する。このエッチングは、例えばＢＨＦ溶液を用いたウェットエッチングとする。

【００４３】

次に、図６（ｅ）に示すように、支持層１４上にエッチングストッパー層２０として、例えば厚さ１００ｎｍのシリコン酸化膜をＣＶＤにより形成する。エッチングストッパー層２０の材料は、支持層１４に開口部１５（図４（ａ）参照）を形成するためのエッチングに用いられるエッチャントに対して耐性があれば、他の材料に変更してもよい。

【００４４】

次に、図６（ｆ）に示すように、メンブレン１２のフレーム１６側の面にレジスト塗膜２１ａを形成する。このとき、レジスト塗布面はフレーム１６によって囲まれているため、レジストのスピンコートを行うと、フレーム１６近傍にレジストが溜まって均一な厚さでレジストを塗布できない場合がある。

【００４５】

このような凹凸が存在する面にレジストを塗布できる方法は、例えば特許第３０８４３３９号公報、特開平１０－３２１４９３号公報、特開平８－３０６６１４号公報、特開平１１－３２９９３８号公報または第６１回応用物理学会学術講演会講演予稿集（2000）No.2 p.593 4a-X-1 に記載されている。

【００４６】

特許第３０８４３３９号公報記載の方法によれば、基板上にレジスト塗布液を載せ、塗布液を基板に対してスキャナプレートで薄く押し拡げると共に、スキャナプレートの直後に追従するスリット状ノズルから吹き出すエア圧で塗膜を基板上に均等に押圧する。

【００４７】

特開平１０－３２１４９３号公報記載のレジスト膜形成方法は、基板表面にレジストを塗布する工程と、例えば基板の下面を加熱すると共に上面を冷却し、レジスト塗布膜の一部を変質させて変質層と非変質層とを形成する工程と、非変質層を除去する工程とを有する。

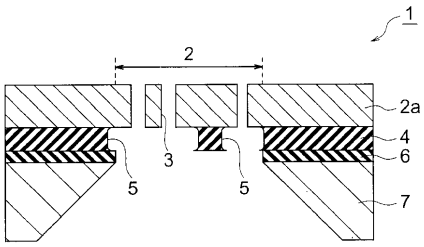
【００４８】

特開平８－３０６６１４号公報記載のレジスト塗布方法によれば、基板またはノズルを移動させてノズルからミスト状にレジストを吹き付けることにより、基板全面にレジストを塗布する。

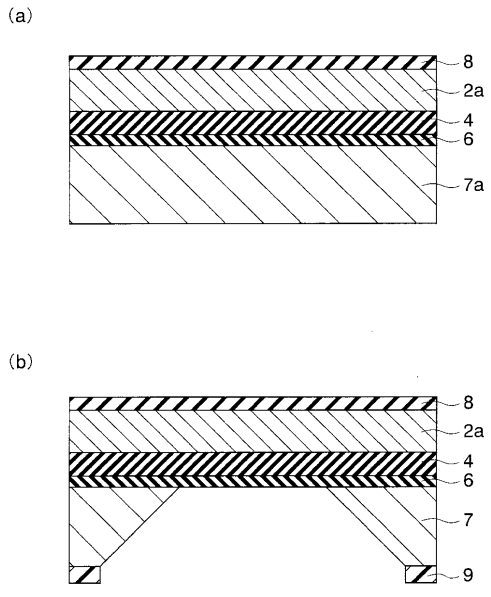
特開平１１－３２９９３８号公報記載の塗布方法によれば、所定間隔を隔てた複数の位置にノズルを設け、それらのノズルと被処理基板とを相対的に移動させながら、ノズルからレジスト塗布液等の処理剤を供給する。

【００４９】
また、第６１回応用物理学会学術講演会講演予稿集（2000）No.2 p.593 4a-X-1 には、レジストを滴下する極細ノズルをｙ方向に往復運動させ、同時に基板をｘ方向に定速移動させるノズルスキャン塗布法において、レジストの塗布をシンナー雰囲気下で行った結果が記載されている。通常の塗布ではエッジ部で膜厚が増大するのに対し、シンナー雰囲気下でレジストを塗布すると、膜厚の局所的な増大が抑制される。例えば以上のような方法により、フレーム１６で囲まれたメンブレン１２に、均一な膜厚でレジスト塗膜２１ａを形成できる。
【００５０】
次に、図７（ｇ）に示すように、レジスト塗膜２１ａに露光および現像を行って、マスクパターンが転写されたレジスト２１を形成する。続いて、レジスト２１をマスクとしてフレーム１６側からメンブレン１２にドライエッチングを行い、孔１３を形成する。このドライエッチングにはエッチャントとして例えばSF_6やNF_3等のフッ素系ガスを用いることができる。
【００５１】
本実施形態のマスクの製造方法によれば、メンブレン１２のエッチングがフレーム１６側から行われる。したがって、エッチングが行われる間、エッチングストッパー層２０の全面がエッチング装置のステージと接し、エッチング面が安定に支持される。したがって、例えばエッチング時の発熱等によるメンブレン１２の変形が防止され、パターンの加工精度を向上させることができる。
孔１３の形成後、レジスト２１を除去する。
【００５２】
次に、図７（ｈ）に示すように、メンブレン１２側から孔１３を介して支持層１４にエッチング液またはエッチングガスを供給し、等方性エッチングを行う。支持層１４としてシリコン窒化膜を形成した場合、例えば加温したリン酸を用いたウェットエッチングにより、孔１３に自己整合的に孔１３よりも口径の広い開口部１５が形成される。ここでエッチングストッパー層２０が形成されていることにより、エッチングは支持層１４内で進行する。
【００５３】
その後、図４（ａ）に示すように、例えばＢＨＦ溶液を用いたウェットエッチングにより、エッチングストッパー層２０を除去する。
以上の工程により、本実施形態のステンシルマスク１１が形成される。
【００５４】
本実施形態の半導体装置の製造方法は、上記の本実施形態のステンシルマスク１を用いたＬＥＥＰＬ工程を含む。図４（ａ）のステンシルマスク１１の支持層１４側にウェハを配置し、フレーム１６側から電子線を照射する。電子線が孔１３を透過して、ウェハ上のレジストにマスクパターンが転写される。
上記の本実施形態のステンシルマスク１１によれば、メンブレン１２が補強され、メンブレン１２のたわみが防止されるため、パターンの位置ずれや歪みが防止され、高精度に微細パターンを転写できる。
【００５５】
本発明のマスクおよびその製造方法と半導体装置の製造方法の実施形態は、上記の説明に限定されない。例えば、本発明のマスクおよびその製造方法をＬＥＥＰＬ以外の荷電粒子転写型リソグラフィに適用することもできる。具体的には、ＰＲＥＶＡＩＬや可変成形型電子線直接描画機、あるいはイオンビームリソグラフィ用のステンシルマスクおよびその製造方法に、本発明を適用することもできる。その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の変更が可能である。
【００５６】
【発明の効果】
本発明のマスクによれば、メンブレンの薄膜化と、マスク強度の維持を両立させることが

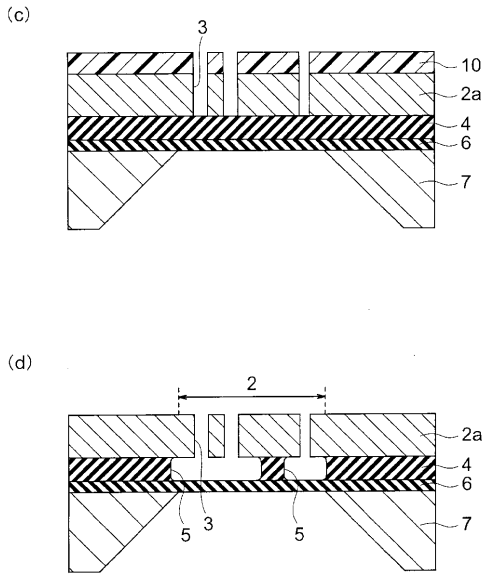
できる。
本発明のマスクの製造方法によれば、メンブレンに高精度にパターンを形成することができ、マスク製造中のメンブレンの破損も防止される。
本発明の半導体装置の製造方法によれば、荷電粒子転写型リソグラフィにおいて微細パターンを高精度に転写できる。
【図面の簡単な説明】
【図１】図１は本発明の実施形態１に係るステンシルマスクの断面図である。
【図２】図２（ａ）および（ｂ）は本発明の実施形態１に係るステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。
【図３】図３（ｃ）および（ｄ）は本発明の実施形態１に係るステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図であり、図２（ｂ）に続く工程を示す。
【図４】図４（ａ）は本発明の実施形態２に係るステンシルマスクの断面図であり、図４（ｂ）は本発明の実施形態２に係るステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図である。
【図５】図５（ｃ）および（ｄ）は本発明の実施形態２に係るステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図であり、図４（ｂ）に続く工程を示す。
【図６】図６（ｅ）および（ｆ）は本発明の実施形態２に係るステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図であり、図５（ｄ）に続く工程を示す。
【図７】図７（ｇ）および（ｈ）は本発明の実施形態２に係るステンシルマスクの製造方法の製造工程を示す断面図であり、図６（ｆ）に続く工程を示す。
【符号の説明】
１、１１…ステンシルマスク、２、１２…メンブレン、２ａ、１２ａ…シリコン層、３、１３…孔、４、１４…支持層、５、１５…開口部、６、２０…エッチングストッパー層、７、１６…フレーム、７ａ、１６ａ…シリコンウェハ、８…保護層、９、１０、１９、２１…レジスト、１７…シリコン酸化膜、１８…ＳＯＩ基板、２１ａ…レジスト塗膜。
【図１】



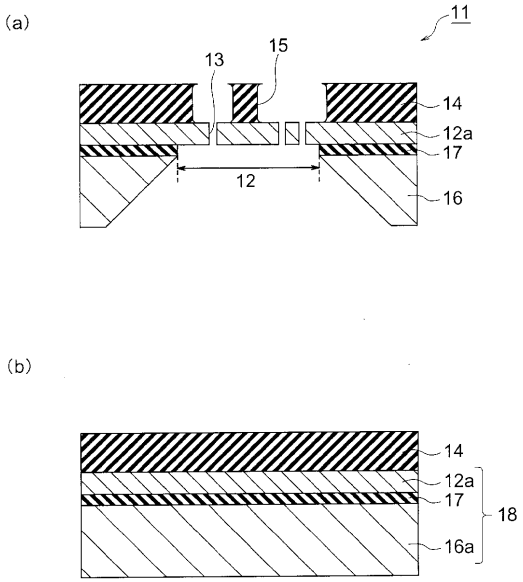
【図２】



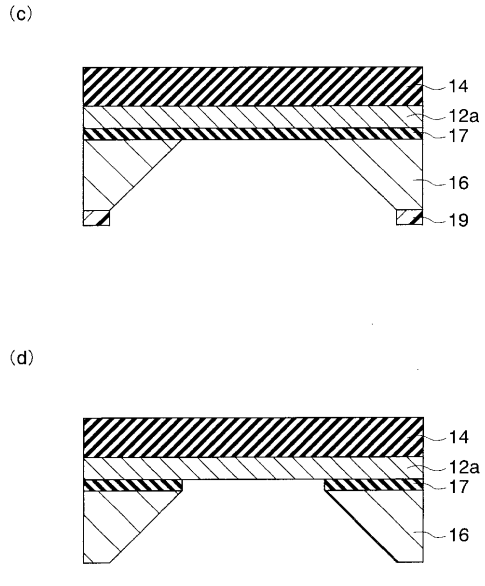
【図３】


(c)
3
10
2a
4
6
7
(d)
2
2a
4
6
5
3
5
7

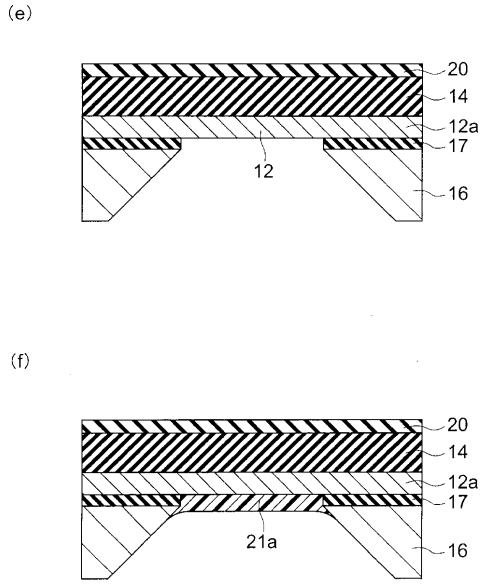
【図４】


(a)
11
13
15
14
12a
17
12
16
(b)
14
12a
17
18
16a

【図５】

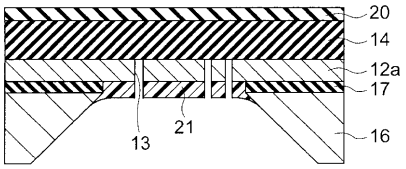

(c)
14
12a
17
16
19
(d)
14
12a
17
16

【図６】

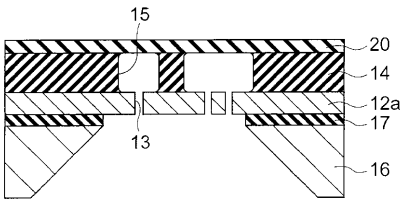

(e)
20
14
12a
17
12
16
(f)
20
14
12a
17
21a
16

【図７】

(g)



(h)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開２０００－３２３３７９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－２１６２１６（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－２９１４８２（ＪＰ，Ａ）
特開２００１－０４４１０３（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－２４３６９２（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０３７０５５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 21/027
G03F 1/16
G03F 7/20