

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-39082
(P2005-39082A)

(43) 公開日 平成17年2月10日(2005.2.10)

| | | |
|----------------------------|--------------|-------------|
| (51) Int. Cl. ⁷ | F I | テーマコード (参考) |
| HO 1 L 21/027 | HO 1 L 21/30 | 2H095 |
| GO 3 F 1/08 | GO 3 F 1/08 | 5F056 |
| GO 3 F 1/16 | GO 3 F 1/08 | L |
| | GO 3 F 1/16 | B |

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 17 頁)

| | | | |
|-----------|------------------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2003-275270 (P2003-275270) | (71) 出願人 | 000003193 凸版印刷株式会社 東京都台東区台東1丁目5番1号 |
| (22) 出願日 | 平成15年7月16日 (2003.7.16) | (72) 発明者 | 蒲生 秀典 東京都台東区台東1丁目5番1号 凸版印刷株式会社内 |
| | | Fターム(参考) | 2H095 BA08 BC05 BC08 5F056 AA25 FA05 |

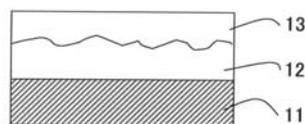
(54) 【発明の名称】 マスクブランクス及びステンシルマスク及びその製造方法及びその露光方法

(57) 【要約】

【課題】 荷電粒子線を用いた露光装置用のステンシルマスクに加工して使用されるマスクブランクスにおいて、薄膜化及び応力調整が容易であるとともに、機械的強度が高くかつ電子線照射耐性に優れた電子線用のステンシルマスクを得るために好適で、かつマスク加工プロセスに適合した表面平坦性を持ち、ならびに低コストのマスクブランクス及びステンシルマスク及びその製造方法及びその露光方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 荷電粒子線を用いた露光装置用のステンシルマスクに加工して使用されるマスクブランクスにおいて、この基板と、該基板により支持されたマスク母体を具備し、前記マスク母体の材料が、表面に凹凸を有する多結晶からなるダイヤモンド薄膜と、前記ダイヤモンド薄膜上の表面が平坦な平坦化層からなるマスクブランクスとの提供と、それを用いたステンシルマスク及びその製造方法及びその露光方法。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子線を用いた露光装置用のステンシルマスクに加工して使用されるマスクブランクスにおいて、基板上に、多結晶からなるダイヤモンド薄膜と、前記ダイヤモンド薄膜上の表面が平坦な平坦化層とからなるマスク母体が支持されていることを特徴とするマスクブランクス。

【請求項 2】

前記平坦化層は、 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上、 $1\ \mu\text{m}$ 以下の厚みを有することを特徴とする請求項 1 記載のマスクブランクス。

【請求項 3】

前記平坦化層は、金属、シリコン、若しくはそれらの酸化物、窒化物、炭化物のいずれか 1 つ又は 2 つ以上からなることを特徴とする請求項 1、又は 2 記載のマスクブランクス。

【請求項 4】

前記ダイヤモンド薄膜は、 $0.05\ \mu\text{m}$ 以上、 $2\ \mu\text{m}$ 以下の厚みを有することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のマスクブランクス。

【請求項 5】

前記ダイヤモンド薄膜は、不純物として、硼素、硫黄、窒素、若しくはリンからなる群から選ばれた少なくとも 1 種がドーパされていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載のマスクブランクス。

【請求項 6】

前記基板と、前記ダイヤモンド薄膜との間にエッチングストッパー層が介在することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項記載のマスクブランクス。

【請求項 7】

請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載のマスクブランクスであって、前記マスク母体は、荷電粒子線が透過する透過孔パターンを有し、表面に凹凸を有する多結晶からなるダイヤモンド薄膜層と、前記ダイヤモンド薄膜層上の、表面が平坦な平坦化層からなることを特徴とするステンシルマスク。

【請求項 8】

基板上に、炭化水素を含む原料ガスを用いて化学的気相成長法によりダイヤモンド薄膜を成膜する工程、および、前記ダイヤモンド薄膜上に、スパッタ法、化学的気相成長法、イオンプレーティング法のいずれかの方法により平坦化層を成膜する工程を具備することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載のマスクブランクスの製造方法。

【請求項 9】

基板上に、炭化水素を含む原料ガスを用いて化学的気相成長法によりダイヤモンド薄膜を成膜する工程、前記ダイヤモンド薄膜上に、スパッタ法、化学的気相成長法、イオンプレーティング法のいずれかの方法により平坦化層を成膜する工程、および、前記平坦化層ならびに前記ダイヤモンド薄膜を順次パターンニングする工程を具備することを特徴とする請求項 7 記載のステンシルマスクの製造方法。

【請求項 10】

請求項 7 記載のステンシルマスクに荷電粒子線を照射し、転写パターンの形状に荷電粒子線を成形する工程を具備する荷電粒子線の露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、半導体装置などの製造に用いられる露光装置に係わるもので、電子線やイオンビームなどの荷電粒子線を用いた露光装置用の転写用のマスクに加工して使用されるマスクブランクス及びステンシルマスク及びその製造方法及びその露光方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体素子の微細化が急速に進んでいる。そのような微細パターンを有する素子の製造技術として、様々な露光技術が開発されている。例えば、電子線部分一括露光や電子線ステッパー露光のような電子線を用いる露光法、イオンを用いる露光法、真空紫外域の光を用いる露光法、極紫外域の光を用いる露光法等がある。

【0003】

これらのうち、電子線を用いる露光法として、電子線を用いて等倍露光を行う方法が、特許文献1において開示されている。この方法(L E E P L (L o w e n e r g y e l e c t r o n - b e a m p r o x i m i t y p r o j e c t i o n l i t h o g r a p h y))は、例えば電子線分割縮小転写方式などの従来の電子線を用いる露光法に比べて、電子線の加速電圧が20分の1の数キロボルトであり、すなわち低エネルギーの電子線を用いるという特徴を有する。

10

【0004】

例えば、L E E P Lでは、パターン成形のために透過口を形成のステンシルマスクが用いられる。このステンシルマスクと転写されるウェハーの間は40 μ m程度の微小なギャップに保たれ、クーロン効果の影響が生じない近接転写により、電子線が露光される。等倍露光用に用いられるステンシルマスクでは、マスクパターンの加工精度が重要である。特に、マスクの膜厚とマスクパターンの線幅(電子ビームの透過孔の径)との比であるアスペクト比が問題となる。マスクパターンは、ドライエッチングにより加工されるが、アスペクト比は、通常、10程度である。従って、例えば、線幅100nmのパターンを形成するには、マスクの膜厚は、1 μ m程度が限界となる。

20

【0005】

そこで、上述の特許文献1では、単結晶シリコンからなるステンシルマスクにおいて、厚さ0.2 μ m~1.0 μ mとすることが開示されている。しかし、この特許公報には、このような単結晶シリコンからなるステンシルマスクの製造方法については、何ら記載されていない。

【0006】

通常、ステンシルマスクを構成する薄膜の材質として単結晶シリコンを用いる場合、薄膜を支えてマスクの平面性を維持するために、基板が必要である。この基板としては、加工性や入手の容易性の点から、単結晶シリコンが用いられている。そして、マスクブランクスとしては、エッチングにより薄膜の微細加工を行うため、2枚の単結晶シリコン基板によりシリコン酸化膜を挟んだ構造のS O I (S i l i c o n O n I n s u l a t o r)基板が用いられる。マスクパターンは、一方の単結晶シリコン基板を研磨して所定の膜厚にし、次いでパターンングすることにより作製されている。この時、S O I基板の中間層である酸化シリコン膜は、マスクパターンを加工する際のエッチングストッパーとして機能する。

30

【0007】

しかし、このような方法では、単結晶シリコン基板を上述の0.2 μ m~1.0 μ mの薄膜まで研磨することは極めて困難である。また、このような膜厚では、ステンシルマスクの製造工程において、酸化シリコン膜の応力により、薄膜化された単結晶シリコン基板に亀裂が入るといった問題がある。

40

【0008】

このため、酸化シリコン膜上に形成された単結晶シリコン薄膜に対し、応力調整の工程が必要となるが、そうした場合、イオンドーピング等の製造工程が増えるため、タクトタイムが長くなるという問題が生ずる。

【0009】

さらに、上述のようにマスク材料としてシリコンを用いる場合においては、材料の硬度およびヤング率が小さいために、パターンの微細化や形状に限界が生ずる。

【0010】

また、加速電圧が数キロボルト程度の低エネルギーの電子線で露光する場合には、ステ

50

ンシルマスクに入射した電子は透過せずに、散乱または吸収される。したがって、マスク材料には高い電子線照射耐性、特に高い熱伝導率が必要となる。しかしながら、従来マスク材料として用いられるシリコンでは、熱伝導率が小さいために、パターンの微細化や形状に限界が生ずる。

【特許文献1】特許第2951947号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

本発明は、このような事情の下になされ、薄膜化及び応力調整が容易であるとともに、機械的強度が高くかつ電子線照射耐性に優れた電子線用のステンシルマスクを得るために好適で、かつマスク加工プロセスに適合した表面平坦性を持ち、ならびに低コストのマスクブランクス及びステンシルマスク及びその製造方法及びその露光方法を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するため、本発明の請求項1に係る発明は、荷電粒子線を用いた露光装置用のステンシルマスクに加工して使用されるマスクブランクスにおいて、基板上に、多結晶からなるダイヤモンド薄膜と、前記ダイヤモンド薄膜上の表面が平坦な平坦化層とからなるマスク母体が支持されていることを特徴とするマスクブランクスである。

【0013】

20

このような本発明によると、マスクブランクスとして、ステンシルマスクとなる材料を、硬度、ヤング率が高くかつ熱伝導率が高いダイヤモンド薄膜により構成しているため、結果的に、機械的強度が高くかつ電子線照射耐性の高いステンシルマスクを得ることができる。

【0014】

さらに、ダイヤモンド薄膜上に、平坦化層が形成されているために、成膜の際に生成するダイヤモンド薄膜表面の多結晶の結晶粒に起因する凹凸が補償され、マスクブランクスの表面を平坦とすることができる。このように表面を平坦化することによって、パターニングの際のレジストのコーティング性やエッチング精度、再現性の向上ができ、より高精度で精度の高いステンシルマスクの作製が可能となる。さらに、従来必須とされていた多結晶ダイヤモンド薄膜表面の研磨工程が不要となり、マスクブランクス並びにステンシルマスク作製におけるコストの大幅な低減ができる。

30

【0015】

また、この平坦化層は、同時にステンシルマスクを作製する際にダイヤモンド薄膜をエッチングする時のエッチングマスクとして利用することができる。ダイヤモンド薄膜は炭素からなるため、酸素を主成分としたガスを用いて反応性エッチングされ加工されるが、通常、エッチングの選択比を向上させるため2層レジストが必要となる。しかし本発明によると、平坦化層をエッチングマスクとしても併用することができるため、マスクパターニングの際に有機物からなる通常の電子線レジストを単層で用いることが可能となる。

【0016】

40

さらに、本発明の請求項2に係る発明は、平坦化層は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上、 $1\mu\text{m}$ 以下の厚みを有することを特徴とする請求項1記載のマスクブランクスである。

【0017】

シリコン基板などの異種基板上に形成されるダイヤモンド薄膜は、単結晶ではなく、多結晶となる。それらの粒径は、核発生密度(作製条件で制御可)により異なるが、通常数 nm 以上で、多くは $0.05\mu\text{m}$ 以上で表面の凹凸も同等となる。検討の結果、このような凹凸を有するダイヤモンド薄膜表面は、 $0.1\mu\text{m}$ 以上の平坦化層を設けることにより、表面の平坦化ができることを見いだした。

【0018】

また、本発明の請求項3に係る発明は、平坦化層は、金属、シリコン、若しくはそれら

50

の酸化物、窒化物、炭化物のいずれか1つ又は2つ以上からなることを特徴とする請求項1、又は2記載のマスクブランクスである。

【0019】

スパッタ法や化学的気相成長法等で成膜可能で、かつ酸素プラズマ耐性の高い材料である金属及びシリコンを材料として用いることで、マスク表面の平坦化とマスク作製の際のエッチングマスク層の両方に利用可能となる。また、この平坦化層にもダイヤモンド薄膜と同様に応力調整が不可欠となるが、金属、シリコンの酸化膜、窒化膜、炭化膜などの化合物とすることで、組成制御による応力調整が可能となり、より高い応力制御性を得ることができる。

【0020】

本発明の請求項4に係る発明は、前記ダイヤモンド薄膜は、 $0.05\mu\text{m}$ 以上、 $2\mu\text{m}$ 以下の厚みを有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項記載のマスクブランクスである。

【0021】

この範囲の膜厚は、単結晶シリコンでは成膜あるいは研磨による作製が困難であったが、ダイヤモンド薄膜では、化学的気相成長法により基板上に制御性よく、容易に得ることが可能である。

【0022】

ここで、本発明の請求項5に係る発明は、前記ダイヤモンド薄膜は、不純物として、硼素、硫黄、窒素若しくはリンからなる群から選ばれた少なくとも1種がドーピングされていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項記載のマスクブランクスである。

【0023】

このような不純物ドーピングにより、ダイヤモンド薄膜は不純物伝導性を示すようになり、導電性を付与することができる。すなわち、加工しステンシルマスクとして適用した際に、電子線照射によるチャージアップを回避できるようになる。

【0024】

また、本発明の請求項6に係る発明は、前記基板と、前記ダイヤモンド薄膜との間にエッチングストッパー層が介在することを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1項記載のマスクブランクスである。

【0025】

ステンシルマスク作製の際に、基板を背面から所定の形状にエッチングし、マスク材料となるダイヤモンド薄膜まで貫通する工程において、エッチングストッパー層が介在することで、より制御性高く残さのないエッチングが可能となる。

【0026】

本発明の請求項7に係る発明は、請求項1乃至6のいずれか1項記載のマスクブランクスであって、前記マスク母体は、荷電粒子線が透過する透過孔パターンを有し、表面に凹凸を有する多結晶からなるダイヤモンド薄膜層と、前記ダイヤモンド薄膜層上の、表面が平坦な平坦化層からなることを特徴とするステンシルマスクである。

【0027】

ここで、露光に低エネルギーの電子線を用いるLEEPL用ステンシルマスクの場合、近接露光転写を行うために被露光ウェハは、物理的制約から平坦化層側に設置される。すなわち、露光用電子線は熱伝導率が高いダイヤモンド薄膜層側から入射するため、平坦化層材料に依存することなく、高い電子線照射耐性を得ることができる。

【0028】

このように、表面を平坦化することによって、近接露光による転写のハンドリングの際に、ステンシルマスクとウェハとの接触を避けるとともに、万一接触した場合でもウェハの損傷を回避することができる。

【0029】

さらに、本発明の請求項8に係る発明は、基板上に、炭化水素を含む原料ガスを用いて化学的気相成長法によりダイヤモンド薄膜を成膜する工程と、前記ダイヤモンド薄膜上に

10

20

30

40

50

、スパッタ法、化学的気相成長法、イオンプレーティング法のいずれかの方法により、平坦化層を成膜する工程とを具備することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項記載のマスクブランクスの製造方法である。

【0030】

このような発明によると、マスク材料となるダイヤモンド薄膜を化学的気相成長法により成膜することにより、化学反応を制御することで、結晶性ならびに結晶粒径を制御することが可能となり、膜厚の調整及び応力の調整が容易にできる。また、平坦化層をスパッタ法や化学的気相成長法などの成膜の際の入射粒子のエネルギーが大きい成膜方法を用いることにより、凹凸面上に成膜した場合でも、表面が平坦な膜を得ることができる。

【0031】

本発明の請求項 9 に係る発明は、基板上に、炭化水素を含む原料ガスを用いて化学的気相成長法によりダイヤモンド薄膜を成膜する工程、前記ダイヤモンド薄膜上に、スパッタ法、化学的気相成長法、イオンプレーティング法のいずれかの方法により平坦化層を成膜する工程、および、前記平坦化層ならびに前記ダイヤモンド薄膜を順次パターンニングする工程を具備することを特徴とする請求項 7 記載のステンシルマスクの製造方法である。

【0032】

上記に示したように、本発明によると、薄膜化及び応力調整が容易であるとともに、機械的強度が高くかつ電子線照射耐性に優れた電子線用のステンシルマスクを得るために好適な、かつマスク加工プロセスに適合した表面平坦性を持ち、ならびに低コストのステンシルマスクを得ることが可能となる。

【0033】

さらに、パターンニングの際のレジストのコーティング性やエッチング精度、再現性の向上ができ、より高精細で精度の高いステンシルマスクの作製が可能となる。さらに、従来必須とされていた多結晶ダイヤモンド薄膜表面の研磨工程が不要となり、ステンシルマスクの作製コストの大幅な低減ができる。

【0034】

本発明の請求項 10 に係る発明は、請求項 7 記載のステンシルマスクに荷電粒子線を照射し、転写パターンの形状に荷電粒子線を成形する工程を具備する荷電粒子線の露光方法である。

【0035】

係る露光方法によると、半導体装置用基板上に形成されたレジストに対し、精度良いパターン露光が可能となり、その結果、半導体装置用のパターンの製造を、高い歩留まりで行うことができる。

【発明の効果】

【0036】

本発明のマスクブランクスでは、マスク母体の材料をダイヤモンド薄膜より構成しているため、化学気相成長法により制御性良く薄膜を成膜することができ、膜厚制御及び粒径制御による応力調整を容易に行うことができる。また、マスク母体に平坦化層を設けているため、研磨が不要となり低コスト化できる上、マスク加工プロセスに適合した平坦形状を得ることができ、さらにはダイヤモンド薄膜のエッチングマスクとしても利用することができる。また、本発明の製造方法によると、荷電粒子線照射特性に優れたマスクブランクスを、高精度で、応力による亀裂、剥離を生ずることなく、容易に得ることが可能である。

【0037】

したがって、本発明によるマスクブランクスを使用して作製したステンシルマスクは、荷電粒子線照射特性に優れ、かつ、高精度で、応力による亀裂、剥離を生ずることなく、容易に得ることが可能である。また、本発明の製造方法によると、荷電粒子線照射特性に優れたステンシルマスクを、高精度で、応力による亀裂、剥離を生ずることなく、容易に得ることが可能である。

【0038】

10

20

30

40

50

本発明の露光方法によると、半導体装置用基板上に形成されたレジストに対し、精度良いパターン露光が可能となり、その結果、半導体装置用のパターンの製造を、高い歩留まりで行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0039】

以下、図面を参照して、本発明の一態様に係る実施の形態について説明する。

【0040】

図1は、本発明の一態様に係るマスクブランクスを示す側断面図である。

【0041】

図1において、マスクブランクスは、基板11と、その基板11上のマスク材料として表面に凹凸を有し多結晶からなるダイヤモンド薄膜12と、そのダイヤモンド薄膜12上の平坦化層13より構成されている。 10

【0042】

基板としては、単結晶シリコンの他に、石英基板、あるいはセラミックス基板を用いることができる。

【0043】

マスク材料となるダイヤモンド薄膜12としては、多結晶からなるダイヤモンド薄膜、あるいは、より結晶粒径が小さいナノ結晶からなるダイヤモンド薄膜を用いることができる。

【0044】

ここで、ダイヤモンド薄膜12は、不純物、例えば、硼素、硫黄、窒素およびリンの少なくとも1種をドーブしたものをを用いることができる。 20

【0045】

ダイヤモンド薄膜12の膜厚は、0.05 μm以上、2 μm以下であることが望ましい。膜厚が薄すぎると、スループットを上げるために電流値を上昇させた場合、ダイヤモンド薄膜12の強度が低下する可能性があり、厚すぎるとマスクパターンの加工精度を高くすることができない。

【0046】

平坦化層13は、0.1 μm以上、1 μm以下の厚みを有することが望ましい。これより膜厚が薄い場合、十分な表面の平坦性を得ることができない。 30

【0047】

また、平坦化層13としては、スパッタ法、化学的気相成長法、イオンプレーティング法などの、入射エネルギーが大きい手法により成膜でき、かつ酸素プラズマによるエッチング耐性の高い薄膜材料で構成することができる。

【0048】

ここで、平坦化層13の材料としては、金属、シリコンあるいはそれらの酸化物、窒化物、炭化物のいずれか1つ又は2つ以上であることが望ましい。金属としては、タンゲステン、モリブデン、タンタル、ニオブなどの高融点金属、あるいは、クロム、チタン及びそれらの酸化物、窒化物、炭化物から選ぶことができる。または、シリコン、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコンから選択することができる。 40

【0049】

図2は、本発明の一態様に係る別のマスクブランクスを示す側断面図である。

【0050】

図2において、マスクブランクスは、基板21と、その基板21上のエッチングストッパー層24、さらにそのエッチングストッパー層24上に形成されたマスク材料として表面に凹凸を有し多結晶からなるダイヤモンド薄膜22と、そのダイヤモンド薄膜22上の平坦化層23より構成されている。

【0051】

ここで、基板21、ダイヤモンド薄膜22、平坦化層23は、それぞれ、図1を用いて説明した上記と同様の構造及び材料から構成することができる。また、エッチングストッ 50

パー層 2 4 は、ステンシルマスクを作製する場合に基板 2 1 をエッチング除去する際にストッパー層として機能する。エッチングストッパー層 2 4 の材料としては、基板 2 1 をエッチングする際に用いるエッチャントに耐性を持つ材料から選ぶことができる。

【0052】

ここで、基板 2 1 としてシリコンを用いる場合、一般的にエッチングにはフッ素化合物を主成分とするエッチングガスを用いた反応性イオンエッチングが利用される。この場合には、エッチングストッパー層 2 4 として、酸化シリコンを用いることができる。

【0053】

以上のように構成される本実施形態に係るマスクブランクスでは、マスク材料として、従来用いられていた単結晶シリコン薄膜に代わり、ダイヤモンド薄膜を用いているため、薄い膜厚の薄膜の形成が可能であるとともに、粒径の制御により応力調整が可能である。

10

【0054】

また、マスク材料として用いられるダイヤモンド薄膜は、高硬度、高熱伝導率の材料物性を示すため、マスクとした場合に、電子線照射耐性に優れ、所望のアスペクト比のパターンを高精度で形成することが可能である。

【0055】

さらに、ダイヤモンド薄膜上に平坦化層を設けているため、ダイヤモンド薄膜を研磨する工程が不要な上、マスク加工プロセスにおいては、エッチングマスクとしても機能するため、金属薄膜等をマスク層とする 2 層レジストを使用することなく、有機系電子線レジストを単層で用いることが可能である。

20

【0056】

次に、以上説明した本発明のマスクブランクスの製造方法について、図 3 (a)、(b) を参照して説明する。

【0057】

図 3 は、本発明の一態様に係るマスクブランクスの製造プロセスを示す側断面図。

【0058】

まず、図 3 (a) に示すように、基板 3 1 上に、化学的気相成長法により、ダイヤモンド薄膜 3 2 を成膜する。ここで、化学的気相成長法としては、マイクロ波プラズマ化学的気相成長あるいは熱フィラメント化学的気相成長を用いることができる。

【0059】

続いて、図 3 (b) に示すように、ダイヤモンド薄膜 3 2 上に、スパッタ法、化学的気相成長法あるいはイオンプレーティング法により、平坦化層 3 3 を成膜する。ここで、平坦化層 3 3 として、金属、シリコンあるいはそれらの酸化物、窒化物、炭化物から選ぶことができる。化合物の成膜には酸素、窒素、あるいは炭素を、酸素、亜酸化窒素、窒素、アンモニア、炭化水素ガスを添加した、反応性成膜により、作製することが可能である。

30

【0060】

図 4 は、本発明の一態様に係るステンシルマスクを示す側断面図である。

【0061】

図 4 において、ステンシルマスクは、開口部 4 5 が形成された支持基体 4 1 上に、所定の透過孔パターンを有し、表面に凹凸を有する多結晶からなるダイヤモンド薄膜層 4 2 と、このダイヤモンド薄膜層 4 2 上の、表面が平坦な平坦化層 4 3 から構成されている。前記ダイヤモンド薄膜層 4 2 及び平坦化層 4 3 からなるマスク母体には、透過口 4 6 が形成されている。

40

【0062】

支持基体 4 1 は、単結晶シリコンの他に、石英基板、あるいはセラミックス基板を用いることができる。

【0063】

マスク母体を構成するダイヤモンド薄膜層 4 2 としては、多結晶からなるダイヤモンド薄膜、あるいは、より結晶粒径が小さいナノ結晶からなるダイヤモンド薄膜を用いることができる。

50

【0064】

上記ダイヤモンド薄膜層42の膜厚は、0.15 μm以上、2 μm以下であることが望ましい。

【0065】

また、上記ダイヤモンド薄膜層42は、不純物、例えば、硼素、硫黄、窒素およびリンからなる群から選ばれた少なくとも1種をドーピングしたものを用いることができる。

【0066】

マスク母体を構成する平坦化層43は、0.1 μm以上、1 μm以下の厚みを有することが望ましい。これより膜厚が薄い場合、十分な表面の平坦性を得ることができない。

【0067】

また、上記平坦化層43は、スパッタ法、化学的気相成長法、イオンプレーティング法などの、入射エネルギーが大きい手法により成膜でき、かつ酸素プラズマによるエッチング耐性の高い薄膜材料で構成することができる。

【0068】

ここで、平坦化層43の材料としては、金属、シリコンあるいはそれらの酸化物、窒化物、炭化物のいずれか1つ又は2つ以上であることが望ましい。金属としては、タングステン、モリブデン、タンタル、ニオブなどの高融点金属、あるいは、クロム、チタン及びそれらの酸化物、窒化物、炭化物から選ぶことができる。または、シリコン、酸化シリコン、窒化シリコン、炭化シリコンから選択することができる。

【0069】

図5は、本発明の一態様に係る別のステンシルマスクを示す側断面図である。

【0070】

図5において、ステンシルマスクは、開口部55が形成された支持基体51上に、その単結晶シリコンの支持基体51上のエッチングストッパー層54、さらにそのエッチングストッパー層54上に形成されたステンシルマスク材料として表面に凹凸を有し多結晶からなるダイヤモンド薄膜層52と、そのダイヤモンド薄膜層52上の平坦化層53より構成されている。前記ダイヤモンド薄膜層52及び平坦化層53からなるマスク母体には、透過口56が形成されている。

【0071】

ここで、支持基体51、ダイヤモンド薄膜層52、平坦化層53は、それぞれ、図4を用いて説明した上記と同様の構造及び材料から構成することができる。また、エッチングストッパー層54は、ステンシルマスクを作製する場合に支持基体51をエッチング除去する際にストッパー層として機能する。エッチングストッパー層54の材料としては、支持基体51をエッチングする際に用いるエッチャントに耐性を持つ材料から選ぶことができる。

【0072】

ここで、支持基体51としてシリコンを用いる場合、一般的にエッチングにはフッ素化合物を主成分とするエッチングガスを用いた反応性イオンエッチングが利用される。この場合には、エッチングストッパー層54として、酸化シリコンを用いることができる。

【0073】

以上のように構成される本実施形態に係るステンシルマスクでは、マスク材料として、従来用いられていた単結晶シリコン薄膜に代わり、ダイヤモンド薄膜を用いているため、薄い膜厚の薄膜の形成が可能であるとともに、粒径の制御により応力調整が可能である。

【0074】

また、ステンシルマスク材料として用いられるダイヤモンド薄膜は、高硬度、高熱伝導率の材料物性を示すため、ステンシルマスクとした場合に、電子線照射耐性に優れ、所望のアスペクト比のパターンを高精度で形成することが可能である。

【0075】

さらに、ダイヤモンド薄膜上に平坦化層53を設けているため、ダイヤモンド薄膜を研磨する工程が不要な上、マスク加工プロセスにおいては、エッチングマスクとしても機能

10

20

30

40

50

するため、金属薄膜等をマスク層とする2層レジストを使用することなく、有機系電子線レジストを単層で用いることが可能である。

【0076】

次に、以上説明した本発明のステンシルマスクの製造プロセスについて、図6(a)~(e)を参照して説明する。

【0077】

図6は、本発明の一態様に係るステンシルマスクの製造プロセスを示す側断面図。

【0078】

まず、図6(a)に示すように、基板61上に、化学的気相成長法により、ダイヤモンド薄膜62を成膜する。ここで、化学的気相成長法としては、マイクロ波プラズマ化学的気相成長あるいは熱フィラメント化学的気相成長を用いることができる。

10

【0079】

続いて、図6(b)に示すように、ダイヤモンド薄膜62上に、スパッタ法、化学的気相成長法あるいはイオンプレーティング法により、平坦化層63を成膜する。ここで、平坦化層63の材料としては、金属、シリコンあるいはそれらの酸化物、窒化物、炭化物から選ぶことができる。化合物の成膜には酸素、窒素、あるいは炭素を、酸素、亜酸化窒素、窒素、アンモニア、炭化水素ガスを添加した、反応性成膜により、作製することが可能である。

【0080】

次に、図6(c)に示すように、支持基体61に開口部65を設け支持基体61を形成する。この工程には、ドライエッチング、ウェットエッチング、超音波加工、サンドブラスト等を好適に用いることができる。

20

【0081】

その後、図6(d)に示すように、平坦化層63およびダイヤモンド薄膜62をパターンニングして、所定の透過孔パターン66を有するマスク母体67を形成する。この透過孔パターンの形成プロセスは、平坦化層63上へのレジストパターンの形成工程、このレジストパターンをエッチングマスクとして用いて、平坦化層63をドライエッチングし透過孔66を有する平坦化層63を形成する工程と、続いて、レジストパターンを剥離した後、前記透過孔を有する平坦化層63をエッチングマスクとして用いて、ダイヤモンド薄膜62をドライエッチングし透過孔66を有するダイヤモンド薄膜層62を形成する工程を順

30

【0082】

また、ここでドライエッチング装置としては、RIE、マグネトロンRIE、ECR、ICP、マイクロ波、ヘリコン波、NLD等の放電方式を用いた装置が挙げられる。なお、支持基体61の形成工程、平坦化層63及びダイヤモンド薄膜62のパターンニング工程は、どちらを先に行っても良い。

【実施例1】

【0083】

以下、本発明の具体的な実施例について、図面を参照して詳細に説明する。

実施例1

図3(a)、(b)を参照して、本発明の一実施例に係るマスクブランクスの製造方法について説明する。

40

【0084】

図3(a)に示すように、厚み525 μ mの単結晶シリコン基板31上に、マイクロ波プラズマ化学気相成長装置を用いて、ダイヤモンド薄膜32を成膜した。マイクロ波プラズマ化学気相成長条件は、次の表1に示す通りである。

【0085】

【表 1】

| 設定項目 | 条件 | | 条件値 | |
|----------|-------|--|------|------|
| | 材料 | | | 単位 |
| 原料ガス | メタンガス | | 5 | sccm |
| | 水素ガス | | 500 | sccm |
| ドーパガス | ジボラン | | 2 | ppm |
| 反応圧力 | | | 6700 | Pa |
| マイクロ波パワー | | | 800 | W |
| 基板温度 | | | 800 | °C |
| 膜厚 | | | 500 | nm |

10

続いて、図 3 (b) に示すように、ダイヤモンド薄膜 3 2 上に、反応性スパッタ法を用いて、平坦化層 3 3 として窒化クロム薄膜を成膜した。反応性スパッタの条件は、次の表 2 に示す通りである。

20

【 0 0 8 6 】

【表 2】

| 設定項目 | 条件 | | 条件値 | |
|---------|------|--|-----------|------|
| | 材料 | | | 単位 |
| ターゲット材料 | クロム | | | |
| 導入ガス | アルゴン | | 100 | sccm |
| | 窒素 | | 50 | sccm |
| 到達真空度 | | | 10^{-4} | Pa |
| 反応圧力 | | | 0.7 | Pa |
| 高周波パワー | | | 800 | W |
| 基板温度 | | | 室温 | °C |
| 膜厚 | | | 300 | nm |

30

以上のように製造されたマスクブランクスでは、マスク材料となるダイヤモンド薄膜 3 2 は膜厚が 5 0 0 nm と非常に薄く、かつ応力が低いため、剥離や亀裂が生ずることがなく、また導電性を示した。また、平坦化層 3 3 を設けているため、マスクブランクス表面は平坦で、かつエッチングマスクとしても用いられ、マスク加工プロセスに適合したものであった。さらに、このマスクブランクスを用いて作製されたステンシルマスクは、パターン精度が高く、荷電粒子線照射特性に優れたものであった。

40

【 0 0 8 7 】

図 6 (a) ~ (d) を参照して、本発明の一実施例に係るステンシルマスクの製造工程について説明する。

実施例 2

図 6 (a) に示すように、厚み 5 2 5 μm の単結晶シリコン基板 6 1 上に、マイクロ波プラズマ化学気相成長装置を用いて、ダイヤモンド薄膜 6 2 を成膜した。マイクロ波プラ

50

ズマ化学気相成長条件は、次の表 3 に示す通りである。

【 0 0 8 8 】

【 表 3 】

| 設定項目 | 条件 | | 条件値 | |
|----------|-------|--|------|------|
| | 材料 | | | 単位 |
| 原料ガス | メタンガス | | 5 | sccm |
| | 水素ガス | | 500 | sccm |
| ドーパガス | ジボラン | | 2 | ppm |
| 反応圧力 | | | 6700 | Pa |
| マイクロ波パワー | | | 800 | W |
| 基板温度 | | | 800 | °C |
| 膜厚 | | | 500 | nm |

続いて、図 6 (b) に示すように、ダイヤモンド薄膜 6 2 上に、反応性スパッタ法を用いて、平坦化層 6 3 として窒化クロム薄膜を成膜した。反応性スパッタの条件は、次の表 4 に示す通りである。

【 0 0 8 9 】

【 表 4 】

| 設定項目 | 条件 | | 条件値 | |
|---------|------|--|-----------|------|
| | 材料 | | | 単位 |
| ターゲット材料 | クロム | | | |
| 導入ガス | アルゴン | | 100 | sccm |
| | 窒素 | | 50 | sccm |
| 到達真空度 | | | 10^{-4} | Pa |
| 反応圧力 | | | 0.7 | Pa |
| 高周波パワー | | | 800 | W |
| 基板温度 | | | 室温 | °C |
| 膜厚 | | | 300 | nm |

次に、プラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置を用いて、全面に窒化シリコン膜からなる保護膜 (図示せず) を形成した後、ドライエッチングにより単結晶シリコンの基板 6 1 の開口部 6 5 形成領域上の保護膜を除去した。

【 0 0 9 0 】

次いで、図 6 (c) に示すように、約 90 ° に加熱した KOH 水溶液のエッチング液に收容し、保護膜をマスクとして用いて、単結晶シリコンの基板 6 1 を面方位に沿った異方性エッチングを行い、開口部 6 5 を形成した。次に、保護膜を約 170 ° の熱リン酸でエッチング除去した。

【 0 0 9 1 】

続いて、窒化クロム薄膜からなる平坦化層 6 3 上に、電子線レジスト (図示せず) を 0

10

20

30

40

50

．5 μmの厚さに塗布し、これに加速電圧20 kVの電子線描画機を用いて描画し、その後専用のアルカリ現像液を用いて現像をおこない、レジストパターンを形成した。

【0092】

次に、レジストパターンをマスクとして用いて、プラズマエッチング装置を用い、エッチングガスとして塩素と酸素を用いて、窒化クロム薄膜からなる平坦化層63をダイヤモンド薄膜62に到達する深さまでドライエッチングし、透過口を有する平坦化層63を形成した後、レジストパターンを酸素プラズマによりアッシング除去した。

【0093】

続いて、窒化クロムからなる平坦化層63をエッチングマスクとして、ダイヤモンド薄膜62を酸素をエッチングガスとして用いたICPによりエッチングし透過口を有するダイヤモンド薄膜層62を形成し、ステンシルマスクが完成した。

10

【0094】

以上のように製造されたステンシルマスクでは、マスク母体67の膜厚が500 nmと非常に薄く、かつ応力が低いため、剥離や亀裂が生ずることがなく、また抵抗が低いため、別途金属膜を設ける必要がない。また、得られたステンシルマスクは、パターン精度が高く、荷電粒子線照射特性に優れたものである。

【図面の簡単な説明】

【0095】

【図1】本発明の一態様に係るマスクブランクスを示す側断面図。

【図2】本発明の一態様に係るマスクブランクの他の例を示す側断面図。

20

【図3】本発明の一態様に係るマスクブランクの製造プロセスを示す側断面図。

【図4】本発明の一態様に係るステンシルマスクを示す側断面図。

【図5】本発明の一態様に係るステンシルマスクの他の例を示す側断面図。

【図6】本発明の一態様に係るステンシルマスクの製造プロセスを示す側断面図。

【符号の説明】

【0096】

11, 21, 31 ... 基板

41, 51, 61 ... 支持基体

12, 22, 32 42, 52, 62 ... ダイヤモンド薄膜

13, 23, 33 43, 53, 63 ... 平坦化層

30

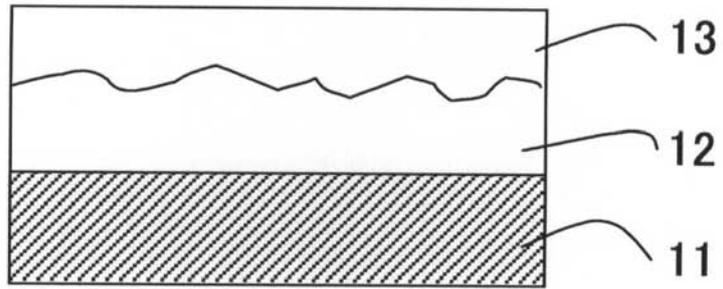
24, 54 ... エッチングストッパー層

45, 55, 65 ... 開口部

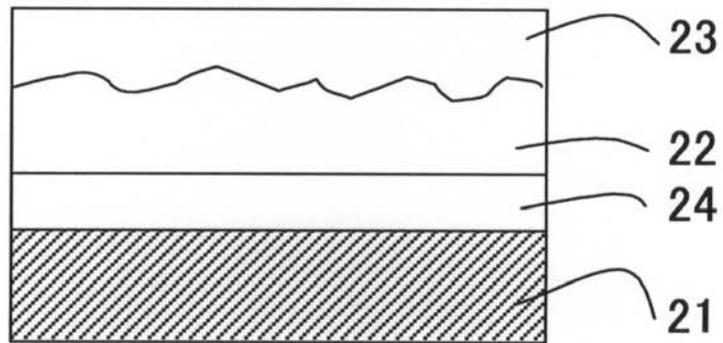
46, 56, 66 ... 透過口 (パターンの)

67 ... マスク母体

【 図 1 】

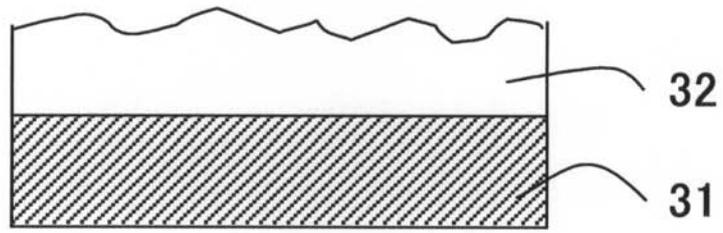


【 図 2 】

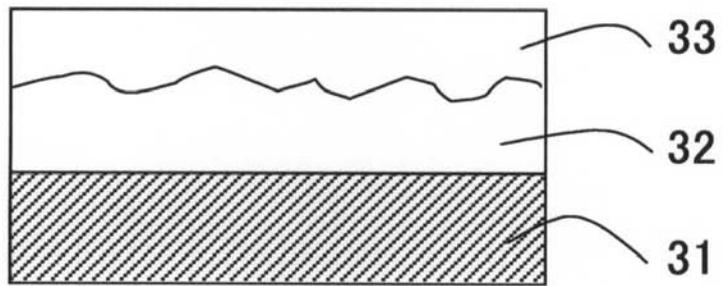


【 図 3 】

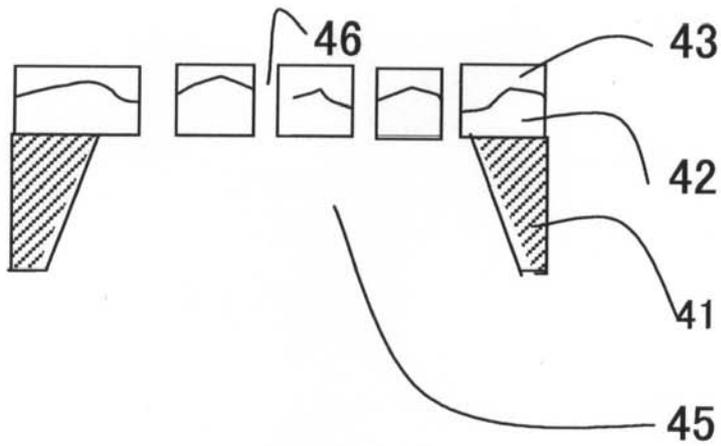
(a)



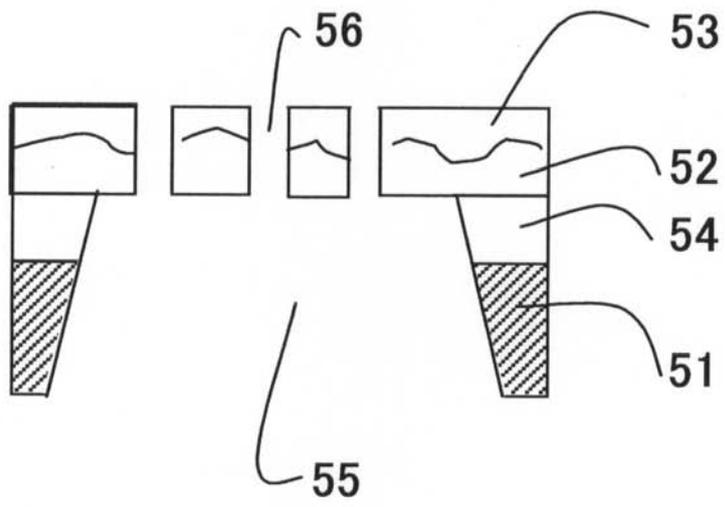
(b)



【 図 4 】

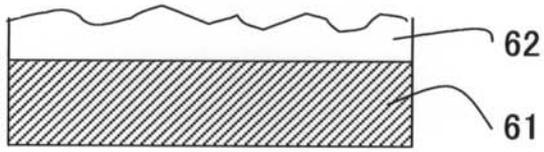


【 図 5 】

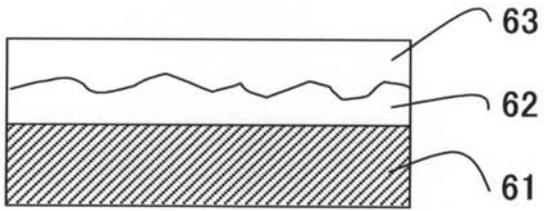


【図 6】

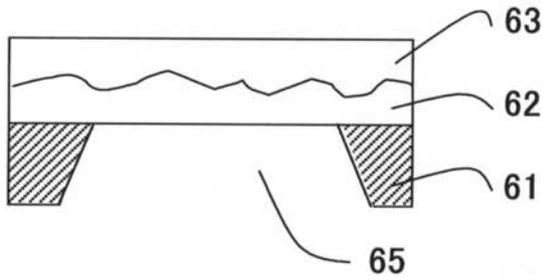
(a)



(b)



(c)



(d)

