

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4027108号
(P4027108)

(45) 発行日 平成19年12月26日(2007.12.26)

(24) 登録日 平成19年10月19日(2007.10.19)

(51) Int.C1.

F 1

G03F	1/08	(2006.01)	G03F	1/08	G
G02B	5/18	(2006.01)	G02B	5/18	
G03F	7/20	(2006.01)	G03F	7/20	501

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-29084 (P2002-29084)
 (22) 出願日 平成14年2月6日 (2002.2.6)
 (65) 公開番号 特開2003-228160 (P2003-228160A)
 (43) 公開日 平成15年8月15日 (2003.8.15)
 審査請求日 平成17年1月24日 (2005.1.24)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100105289
 弁理士 長尾 達也
 (72) 発明者 寺田 順司
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 キヤノン株式会社内
 審査官 岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 フォトマスク

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

透過率がステップ状に変わる境界部に、前記境界部で最大の透過率を持つ領域の透過率より小さく、前記境界部で最小の透過率を持つ領域の透過率より大きい透過率を与え、照射する紫外光の解像限界以下の幅を有する中間層を、設けたことを特徴とするフォトマスク。

【請求項2】

前記中間層は、その透過率が前記境界部で最大の透過率を持つ領域の透過率の略半分に設定されていることを特徴とする請求項1に記載のフォトマスク。

【請求項3】

前記中間層は、連続した複数列からなっており、各中間層の透過率が前記境界部で最大の透過率を持つ領域と、前記境界部で最小の透過率を持つ領域とにおける透過率の差より、小さいステップで順に変化するように設定されていることを特徴とする請求項1に記載のフォトマスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、フレネルレンズ、マイクロレンズ等に代表される微細光学素子の製造におけるフォトリソグラフィ工程で用いられるフォトマスクに関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来、半導体で使用しているフォトマスクはフォトマスク基盤それ自体の光透過率を有する透光部とフォトマスク基盤上に金属膜を成膜して透過率を一定の強度に遮光する遮光部とからなる。ウエハ基板上に塗布形成した感光性樹脂へのフォトリソ工程を用いてのパターン形成においては、フォトマスクの透光部は感光性樹脂がポジ型であれば現像液に可溶性を示すように作用する。逆にフォトマスクの遮光部は現像液への可溶性を示さないように作用する。透光部に相当する感光性樹脂を可溶しウエハ基板面を露出させることによりウエハ基板面上に塗布した感光性樹脂の厚みを持ったフォトマスクの透光部と遮光部からなるパターンに対応した所望のパターンが形成される。

【0003】

微小光学研究グループ機関誌(1999.3/4 Vol.17 No.1)にはこのような透過率を2値制御したメタルマスクを用いて形成する微細光学素子として回折光学素子やバイナリオプティクスが示されている。

すなわち、1枚目のフォトマスクでパターンを形成した後エッチングにて感光性樹脂の厚みに相似した深さにウエハ基板をエッチングする。次にエッチングしたウエハ基板上に感光性樹脂を塗布して2枚目の1枚目とは異なるパターンを有するフォトマスクを用いてパターンを形成し、1枚目と同様に感光性樹脂の厚みに相似した深さにウエハ基板をエッチングする。

この工程を所望の回数、繰り返すことにより所望の微細光学素子が得られる。

このようにして得られた微細光学素子は平面と段差部から構成される。

比較的薄い感光性樹脂を塗布し露光・現像・エッチングを繰り返し、高さのある微細光学素子を形成する為、1段あたりの段差部はウエハ基板面に対し良好な垂直性が得られる。

【0004】

一方、透光部と遮光部との中間の光量をも制御しうる透過率変調型フォトマスクがある。

透過率変調型フォトマスクを用いると上述のような3次元形状をなす微細光学素子を1回のフォトリソ工程で作製できる。

特開平5-224398号公報には透過率変調を与えるものとして解像限界以下の面積で透光部と遮光部の面積比率を変える面積変調型フォトマスクにてブレーズ状の回折格子の作製が開示されている。

また、特開平8-44042号公報には透過率変調を与える別のタイプとして光吸収層を用いた濃度変調型フォトマスクにてブレーズ状の回折型レンズの作製が開示してある。

濃度変調型フォトマスクの構成としては、合成石英などの基盤上に高分子などからなる光吸収層を形成し、光吸収層の厚みで透過率を制御する例が示してある。このような透過率変調型フォトマスクを用いて得られた微細光学素子では滑らかな斜面が形成される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、透過率変調型フォトマスクを用いた上記従来例では1回のフォトリソ工程で3次元形状の微細光学素子を形成する為、ウエハ基板に塗布する感光性樹脂の厚みが厚くなる。

これにより、面積変調型においては解像限界以下の透光部と遮光部の交互配列からの回折光が感光性樹脂を露光するため、垂直な段差を形成しようとする透光部の比率が多い領域と遮光部の比率が多い領域との境界では透過率強度の傾斜が透光部領域と遮光部領域にまで生じることになり、段差部が大きく傾斜するという欠点があった。

【0006】

また、濃度変調型においてはフォトマスクとウエハをコンタクトさせて露光させたとしても、光吸収層の厚みが感光性樹脂の厚みに加わる為、回折効果が強調される。垂直な段差を形成する透光部と遮光部との境界で透光部側には透過強度がより強い所、遮光部側では透過強度がより弱い所が生じるため段差形成の幅が広がり段差部が大きく傾斜する。更には強化部にリップル形状が形成されるという欠点があった。これら透過率変調型のフォトマスクは、段差部の傾斜による透過率の変動が問題となる。

10

20

30

40

50

トマスクを用いて作製した場合、または透過率変調型のフォトマスクを用いてウェハ基板上に作製した3次元形状の微細光学素子をエッティングにてウェハ基板に形状を相似転写した場合においても、同様の形状が得られてしまう。これにより本来得られる光学性能を著しく損なうという欠点があった。

【0007】

そこで、本発明は、上記課題を解決し、フォトリソ工程により垂直段差がある微細光学素子を作製するに際し、フォトマスクの透過率が変化する境界部で生じる回折干渉強度を緩和させ、該微細光学素子における垂直段差の形成が可能となるフォトマスクを提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記課題を達成するために、次の(1)～(3)のように構成したフォトマスクを提供するものである。

(1) 透過率がステップ状に変わる境界部に、前記境界部で最大の透過率を持つ領域の透過率より小さく、前記境界部で最小の透過率を持つ領域の透過率より大きい透過率を与える、照射する紫外光の解像限界以下の幅を有する中間層を、設けたことを特徴とするフォトマスク。

(2) 前記中間層は、その透過率が前記境界部で最大の透過率を持つ領域の透過率の略半分に設定されていることを特徴とする上記(1)に記載のフォトマスク。

(3) 前記中間層は、連続した複数列からなっており、各中間層の透過率が前記境界部で最大の透過率を持つ領域と、前記境界部で最小の透過率を持つ領域とにおける透過率の差より、小さいステップで順に変化するように設定されていることを特徴とする上記(1)に記載のフォトマスク。

【0009】

【発明の実施の形態】

上記構成を適用することにより、フォトマスクの透光部と遮光部における透過率が変化する境界部で、特に透過率がステップ状に大きく変わるフォトマスクの境界部で透光部と遮光部側に生じる回折干渉強度を緩和させ、透過率変化の乱れを少なくし、該微細光学素子における垂直段差の形成が可能となるフォトマスクを実現することができる。これにより透過率変調型のフォトマスクを構成し、1回のフォトリソ工程にて微細光学素子における垂直段差の形成が可能となる。また、これを用いて作製した型、並びに微細光学素子からは優れた光学性能が得られる。

【0010】

【実施例】

以下に、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】

図1は、本発明の実施例1におけるフォトマスクの構成を示す略断面図である。同図において、1はマスク基盤である合成石英基板、2は光吸收層からなるブレーズ状の回折レンズパターン、3は透過率を吸収層の厚みで制御してなるブレーズ状レンズの輪帯部分であり、図1に示すように輪帯部の厚み(回折レンズパターンの高さ)を h としたした場合、輪帯部の最小厚み($h = 0$)で最大の透過率が得られるようにした透光部と、輪帯部的最大厚み(h)で最小の透過率が得られるようにした遮光部が形成されている。

4は隣り合う輪帯間の境界部、すなわち上記透光部と遮光部の境界部に、解像限界以下の幅で設けた中間層である。

本実施例においては上記中間層の幅を $0.2 \mu m$ 幅とした。中間層の透過率は、上記透光部と上記遮光部との透過光量の差分の半分に相当する透過光量が得られるように、輪帯部の厚み差の略半分($h/2$)に中間層の厚みが設定されている。

【0011】

次に、本実施例によるフォトマスクを用いた微細光学素子の作製を説明する。ウエハとする5インチの合成石英基板を洗浄して表面をクリーニングした後カップリング剤のベ

一バー蒸気内を通過させウエハ表面にカップリング層を形成する。

次いで、感光性樹脂をスピナーにて塗布形成する。この時塗布厚が $4 \mu\text{m}$ になるように回転数を調整した。次に 100° に設定したクリーンオーブン内で7分間プリベークした。冷却した後、本実施例のフォトマスクをフォトマスクのガラス面とウエハの感光性樹脂とを密着させフォトマスクの吸収層側から紫外線を照射し露光した。

次に、ウエハを感光性樹脂に適した現像液に浸し所定の時間現像した後、純水にて洗浄し余分な水分を除去した。ウエハ面上に作製されたプレーズ状(キノフォーム)回折レンズの断面をSEMにて観察した。

【0012】

その結果を図2に示す。輪帯境界部の段差はウエハ基板面に対し良好な垂直性が得られていた。段差は $3.8 \mu\text{m}$ あった。輪帯部の最大厚みに相当する頂角部分(格子エッジ)で鋭角な形状が得られており、輪帯部の最小厚みに相当する傾斜部は湾曲しておらず所望の傾斜角で平滑な斜面が得られていた。この素子面にNi膜を形成した後、Ni電鋳型を作製した。この型から作製した高分子樹脂性の微細光学素子からは優れた光学性能が得られた。

【0013】

[実施例2]

次に、面積変調型のフォトマスクに、本発明の中間層の構成を適用した一例として、実施例2について説明する。

図3は本実施例における階段状回折格子のフォトマスクの構成を示す図であり、(a)はそのフォトマスク平面図、(b)は(a)のA-A断面図である。

この図3には1のマスク基盤である合成石英基板に、金属膜5が一様の厚みで成膜してある通常のフォトマスクにおいて、解像限界以下のドットで透光部と遮光部の面積比率を変えて透過率が3段階になるように繰り返しパターニングして形成された本実施例の階段状回折格子のフォトマスクの構成が示されている。

【0014】

図3において、4aは透過率が一番高い部分であり、この部分は遮光部は無く孔が空いている状態とされている。よって透過光量はマスク自体の透過率となる。4bは2番目に透過率が高い部分で、この部分は遮光部より透光部が占める面積が大きくなるように配置されている。

次に、4cは3番目に透過率が高い部分であり、この部分は透光部より遮光部が占める面積が大きくなるように配置されている。透過率が最も低い部分は透光部が無く金属膜で覆われている。透過光量の割合が順番に90%、60%、30%、0%に相当する領域になるようにドットサイズを $0.25 \mu\text{m}$ として配列した。各段のピッチは $20 \mu\text{m}$ とした。

【0015】

透過率がステップ状に大きく変わる境界部、すなわち透過率が90%と0%を示す大きな垂直段差が形成される格子エッジ箇所に透過率が10%づつ変化するように透光部と遮光部を解像限界以下のドットサイズ $0.05 \mu\text{m}$ で配列した中間層を $0.1 \mu\text{m}$ 幅で8列作製してある。またそれ以外の透過率のステップ幅が少ない境界部、90%と60%、60%と30%、30%と0%にはそれぞれ透過率が15%変化する中間層を $0.1 \mu\text{m}$ 幅で1列作成した。

【0016】

このフォトマスクを用いて実施例1と同様に5インチの合成石英基板に感光性樹脂を塗布して露光現像を行った。ただし塗布厚は $30 \mu\text{m}$ になるようにスピナーの回転数を調整した。

また塗布厚が変わることによる露光現像の諸条件を最適化した。

作製された階段状の回折格子の断面をSEMにて観察したところ、図3(b)に示すように透過率のステップが大きく変る段差部は基板に対し良好な垂直性を示していた。

段差 $29 \mu\text{m}$ に対し段差の傾斜幅は約 $1 \mu\text{m}$ とわずかであった。

また、透過率のステップが小さいところの段差部も基板に対し良好な垂直性を示していた

10

20

30

40

50

。

また、それぞれの段には窪みなどが無く平坦であった。

このことから、通常の半導体で使用しているメタルマスクを多数回露光現像して作製する階段状の回折格子と同様に段差部が垂直な微細光学素子が1回のフォトリソ工程にて得られた。

また、得られた素子形状をエッチングにてウェハ基板に相似転写することで、優れた光学性能を有する回折光学素子が得られた。

【0017】

【発明の効果】

本発明によれば、フォトリソ工程により垂直段差がある微細光学素子を作製するに際し、フォトマスクの透過率が変化する境界部で、特に透過率がステップ状に変わるフォトマスクの境界部で生じる回折干渉強度を緩和させ、該微細光学素子における垂直段差の形成が可能となるフォトマスクを提供することができる。10

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1に係るプレーズ状レンズのフォトマスクの略断面図。

【図2】 本発明の実施例1により作製された回折格子の略断面形状を示す図。

【図3】 本発明の実施例2に係る階段状回折格子のフォトマスクの構成を示す図であり、(a)はそのフォトマスク平面図、(b)は(a)のA-A断面図。

【符号の説明】

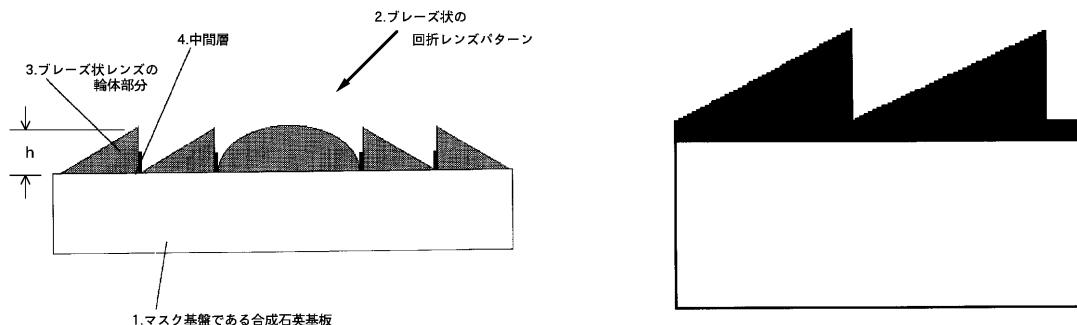
- 1 : マスク基盤である合成石英基板
- 2 : プレーズ状の回折レンズパターン
- 3 : プレーズ状レンズの輪郭部分
- 4 : 中間層
- 5 : 金属膜

10

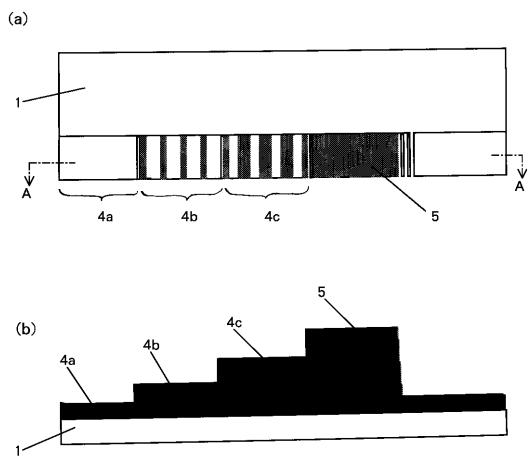
20

【図1】

【図2】



【図3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-358073(JP,A)
特開平05-224398(JP,A)
特開平08-044042(JP,A)
特開平10-256397(JP,A)
特開昭62-018559(JP,A)
特開平05-021310(JP,A)
特開2002-189112(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 1/08

G02B 5/18