

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5921351号
(P5921351)

(45) 発行日 平成28年5月24日 (2016. 5. 24)

(24) 登録日 平成28年4月22日 (2016. 4. 22)

(51) Int. Cl.	F 1
C 2 3 C 14/50 (2006. 01)	C 2 3 C 14/50 F
C 2 3 C 14/34 (2006. 01)	C 2 3 C 14/34 J
G O 2 B 3/00 (2006. 01)	G O 2 B 3/00 Z
G O 2 B 1/113 (2015. 01)	G O 2 B 1/113

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2012-134933 (P2012-134933)	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成24年6月14日 (2012. 6. 14)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開2013-256707 (P2013-256707A)		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成25年12月26日 (2013. 12. 26)	(74) 代理人	100082337
審査請求日	平成27年6月15日 (2015. 6. 15)		弁理士 近島 一夫
		(74) 代理人	100141508
			弁理士 大田 隆史
		(72) 発明者	矢崎 陽一
			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	安齋 美佐子

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 成膜装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

凹面を有する複数の被成膜レンズを保持する複数のレンズ保持部を有する回転自在のレンズホルダと、前記レンズホルダの回転軸に対して相対的に傾斜した方向から被成膜レンズの凹面に成膜材料を放出するターゲットと、を備えた成膜装置において、

前記レンズホルダに複数の被成膜レンズが保持された状態で、前記レンズの凹面側に被せるように設置され、前記ターゲットから放出される成膜材料の凹面への膜厚を調整する複数の貫通孔が形成された被せ部材を備え、

前記複数の貫通孔のそれぞれは、前記複数のレンズ保持部に保持された被成膜レンズの凹面の外縁と同形状の第1開口と、前記被せ部材が前記レンズホルダに設置された際に被成膜レンズと反対側に位置する第2開口と、を有し、前記第1開口から前記第2開口に向かって徐々に広がるように形成され、

前記レンズホルダの前記回転軸から離れた貫通孔ほど、前記レンズ保持部に保持された被成膜レンズの凹面中心上の光軸と、凹面中心と前記被せ部材を前記レンズホルダに設置した際の第2開口の外縁とを結ぶ線と、のなす角度が小さくなるように形成された、ことを特徴とする成膜装置。

【請求項 2】

前記被せ部材は、前記レンズホルダと一体に組付けされる、
ことを特徴とする請求項 1 に記載の成膜装置。

【請求項 3】

前記レンズホルダの前記回転軸と前記ターゲットとの少なくとも一方の角度を変更し、それらの相対角度を調整する角度調整機構を備えた、

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の成膜装置。

【請求項 4】

前記ターゲットに電力を供給する電源部と、スパッタガスを供給するガス供給部と、を備え、

前記電源部で前記ターゲットを印加して前記ターゲットをスパッタすることで、被成膜レンズの凹面を成膜する、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の成膜装置。

【請求項 5】

請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の成膜装置により複数の被成膜レンズを成膜する成膜方法において、

前記レンズホルダにおける前記複数のレンズ保持部に前記複数の被成膜レンズを保持し、前記レンズホルダを前記ターゲットに対して相対的に傾斜するように設置する工程と、

前記レンズホルダを回転させつつ前記ターゲットから成膜材料を放出し、前記成膜材料を前記被成膜部材により遮蔽すると共に前記複数の貫通孔で前記被成膜レンズの凹面への膜厚を調整しつつ前記複数の被成膜レンズを成膜する工程と、を備える、

ことを特徴とする成膜方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、デジタルカメラ等の光学機器に搭載される凹面を有するレンズの表面に、反射防止膜等の薄膜を蒸着する成膜装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、デジタルカメラの高性能化に伴うレンズの広角化が進み、これらに使用されるレンズにおいては、半開角（レンズの光軸と、有効径におけるレンズ凹面の法線とのなす角度）が 45 度以上の凹面を有するレンズが使用されるようになってきている。また、デジタルカメラのレンズにおいては、透過率の向上やゴーストの発生を低減させるために、レンズの表面に反射防止膜等の薄膜を蒸着させることが広く行われており、薄膜は、膜厚と膜厚分布とがその特性上重要な要素となっている。

【0003】

このような状況で、コストを低減させたレンズを生産するためには、多くのレンズを一括して成膜することによる成膜コストの抑制と、一括して成膜されたレンズの凹面内の膜厚分布を均一化することと、を両立させることが必要となる。

【0004】

これに対しては、成膜材料を放出するターゲットと成膜されるレンズとの間に膜厚調整マスクを配置し、膜厚調整マスクの位置や形状を変更することでレンズの膜厚分布を均一化させる成膜装置が提案されている（特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開平 06-179972 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、膜厚調整マスクを用いた成膜装置は、複数のレンズを成膜するにあたり、複数のレンズのそれぞれに対する最適なマスク形状を得ることができないため、個々のレンズに対する均一な膜厚分布を得ることができないという問題があった。特に、半開角が 45 度以上のレンズは湾曲が大きいいため、均一性の高い高精度な膜厚分布を得ることが

10

20

30

40

50

困難であった。

【0007】

そこで、本発明は、均一性の高い高精度な膜厚分布が得られる成膜装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、凹面を有する複数の被成膜レンズを保持する複数のレンズ保持部を有する回転自在のレンズホルダと、前記レンズホルダの回転軸に対して相対的に傾斜した方向から被成膜レンズの凹面に成膜材料を放出するターゲットと、を備えた成膜装置において、前記レンズホルダに複数の被成膜レンズが保持された状態で、前記レンズの凹面側に被せるように設置され、前記ターゲットから放出される成膜材料の凹面への膜厚を調整する複数の貫通孔が形成された被せ部材を備え、前記複数の貫通孔のそれぞれは、前記複数のレンズ保持部に保持された被成膜レンズの凹面の外縁と同形状の第1開口と、前記被せ部材が前記レンズホルダに設置された際に被成膜レンズと反対側に位置する第2開口と、を有し、前記第1開口から前記第2開口に向かって徐々に広がるように形成され、前記レンズホルダの前記回転軸から離れた貫通孔ほど、前記レンズ保持部に保持された被成膜レンズの凹面中心上の光軸と、凹面中心と前記被せ部材を前記レンズホルダに設置した際の第2開口の外縁とを結ぶ線と、のなす角度が小さくなるように形成されたことを特徴とする。

10

【発明の効果】

20

【0009】

本発明によれば、均一性の高い高精度な膜厚分布が得られる成膜装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の実施形態に係るスパッタリング装置の全体構造を模式的に示す断面図である。

【図2】図1に示すスパッタリング装置のレンズホルダを示す断面図である。

【図3】図2に示すレンズホルダの部分拡大断面図である。

【図4】本発明の実施例及び比較例に用いられる被成膜レンズを示す断面図である。

30

【図5】比較例に用いられるレンズホルダを示す断面図である。

【図6】実施例1及び比較例1に係る凹面レンズの膜厚分布を示す図である。

【図7】実施例1に係る嵩部の開き角と、凹面の膜厚分布及び平均膜厚と、の関係を示す図である。

【図8】実施例2及び比較例2に係る凹面レンズの膜厚分布を示す図である。

【図9】実施例2に係る嵩部の開き角と、凹面の膜厚分布及び平均膜厚と、の関係を示す図である。

【図10】実施例3で用いる凹面レンズの多層膜の膜構成を示す図である。

【図11】実施例3及び比較例3による凹面レンズの多層膜の反射率波長特性を示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態に係る成膜装置について、図面を参照しながら説明する。本実施形態においては、材料源としてのターゲットの裏面にマグネット対を配設して材料放出面に磁界を発生させることで成膜速度を向上させた反応性DCマグネトロンスパッタリング装置（以下、単に「スパッタリング装置」という）を用いて説明する。

【0012】

まず、本発明の実施形態に係るスパッタリング装置1の構成について、図1を参照しながら説明する。図1は、本発明の実施形態に係るスパッタリング装置1の全体構造を模式的に示す断面図である。

50

【0013】

図1に示すように、スパッタリング装置1は、チャンバ2と、プロセスガスを供給するガス供給部3と、凹面10aを有する複数の被成膜レンズ10を保持した状態で回転させる回転装置4と、成膜材料を放出するターゲット5と、を備えている。また、スパッタリング装置1は、ターゲット5に電力を供給する電源部6を備えている。

【0014】

チャンバ2は、真空室20と、真空室20に接続された排気装置21と、を備えており、真空室20内に充填されたプロセスガスを排気装置21から排気させることで、真空室20内を所定の圧力に調節する。ガス供給部3は、真空室20に接続されており、真空室20内にプロセスガスを供給する。このとき、プロセスガスを供給しながら真空室20内の圧力も調整される。本実施形態においては、ガス供給部3は、スパッタガスとしてのArガスと、反応性ガスとしてのO₂と、をプロセスガスとして供給可能となっており、Arバルブ31とO₂バルブ32とを調節して、装置本体30から真空室20内にArとO₂と供給する。

10

【0015】

回転装置4は、複数の被成膜レンズ10を保持するレンズホルダ40と、レンズホルダ40に接続された回転軸41と、回転軸41を回転させる不図示の駆動部と、を備えている。レンズホルダ40は、真空室20内に配置されており、駆動部の駆動により回転軸41が矢印A方向に回転することで、複数の被成膜レンズ10を保持した状態で矢印A方向に回転する。なお、レンズホルダ40については、後に詳述する。回転軸41は、レンズホルダ40を矢印B方向に移動可能な不図示の伸縮軸と、矢印C方向に移動可能な角度調整機構としての揺動軸42と、を備えており、ターゲット5に対する距離及び相対角度が調整可能となっている。

20

【0016】

ターゲット5は、真空室20内において、レンズホルダ40の回転軸41に対して相対的に傾斜した状態でチャンバ2に支持されている。ターゲット5は、第1ターゲット51と、第1ターゲット51と材料の異なる第2ターゲット52と、回転軸53と、を備えており、回転軸53を中心に矢印D方向に回転することで、第1ターゲット51と第2ターゲット52とを切り換え可能となっている。また、ターゲット5には、互いに極性方向の異なるマグネット対54、55が取り付けられており、マグネット対54、55の中間地点で成膜材料が最も放出されるエロージョン56が形成される。本実施形態においては、中央部にマグネット54を取り付け、中央部から所定距離離間した位置にマグネット54と極性の異なる複数のマグネット55を取り付けることで、エロージョンがリング状（エロージョンリング）に形成される。

30

【0017】

なお、本実施形態においては、ターゲット5として、回転軸53を中心に矢印D方向に回転自在に支持されると共に、第1ターゲット51と第2ターゲット52とをもつ複数ターゲットを用いたが、第1ターゲット51のみを有する構成であってもよい。

【0018】

電源部6は、第1ターゲット51と第2ターゲット52とに接続されており、第1ターゲット51と第2ターゲット52とに放電のための電力を供給（印加）する。

40

【0019】

次に、本実施形態に係るレンズホルダ40について、図2及び図3を参照しながら説明する。図2は、図1に示すスパッタリング装置1のレンズホルダ40を示す断面図である。図3は、図2に示すレンズホルダ40の部分拡大断面図である。

【0020】

図2及び図3に示すように、レンズホルダ40は、複数の被成膜レンズ10を保持するホルダ部43と、ホルダ部43と一体に組付けた被せ部材としての嵩部45と、を備えている。ホルダ部43は、回転軸41を中心に、径方向に所定間隔で形成された複数のレンズ保持部46・・・を備えており、複数のレンズ保持部46は、被成膜レンズ10の凹面

50

10 aを露出させた状態で保持する。ホルダ部43は把持部44を介し、回転軸41と接続されており、ホルダ部43を回転させる。

【0021】

嵩部45は、成膜の際にはホルダ部43のターゲット5側（凹面側）に設けられており、複数のレンズ保持部46と連通する複数の貫通孔47・・・を備えている。複数の貫通孔47のそれぞれは、レンズ保持部46側に形成された第1開口47aと、第1開口47aと反対側に形成された第2開口47bと、を有しており、第1開口47aから第2開口47bに向けて徐々に広がるように形成されている。

【0022】

具体的には、第1開口47aは、レンズ保持部46で保持された被成膜レンズ10の凹面10aの外周縁10bと同形状に形成されている。第2開口47bは、第1開口47aから徐々に広がるように第1開口47aよりも大径に形成されている。また、第2開口47bは、回転軸41から離れた第2開口47bほど、被成膜レンズ10の凹面中心上の光軸10dと、凹面中心10cと第2開口47bの外縁とを結ぶ線11とのなす角度（以下、「開き角」という） $\theta 1$ が小さくなるように形成されている。つまり、複数の貫通孔47は、第1開口47aと第2開口47bとが上述のように形成されることで、回転軸41から離れるほど、開き角 $\theta 1$ が小さくなるように形成されている。

【0023】

また、嵩部45は、回転軸41から離れるほど、高さが高くなるように形成されている。なお、本実施形態においては、回転軸41から離れ得るほど嵩部45の高さを高くしたが、嵩部の高さは、同じ高さに設定してもよい。

【0024】

次に、本実施形態に係るスパッタリング装置1による被成膜レンズ10の凹面10aへの成膜処理について説明する。まず、上述のように構成されたターゲット5をチャンバ2の真空室20に設置する。次に、上述のように構成されたレンズホルダ40の複数のレンズ保持部46のそれぞれに被成膜レンズ10を保持させ、回転軸41がターゲット5に対して傾斜するように、真空室20に設置する。

【0025】

レンズホルダ40を設置すると、チャンバ2の真空室20内が所定の圧力になるまで排気装置21で排気した後、Arバルブ31及びO₂バルブ32を調整しながら、真空室20内の圧力が所定圧力となるように、所定量のArガスとO₂ガスを注入する。プロセスガスを注入すると、次に、回転装置4を所定時間回転させつつ、電源部6で第1ターゲット51又は第2ターゲット52に所定の電力を供給して、第1ターゲット51又は第2ターゲット52をスパッタする。これにより、被成膜レンズ10の凹面10aが成膜される。

【0026】

以上説明したように、本実施形態においては、回転自在のレンズホルダ40をターゲット5に対して傾斜した位置に設置し、嵩部45に形成された複数の貫通孔47の開き角度 $\theta 1$ を、被成膜レンズ10の位置に応じて変更している。具体的には、レンズホルダ40に保持された複数の被成膜レンズ10のそれぞれの凹面10aの外周縁10bに貫通孔47を有する嵩部45を設け、回転軸41からの距離に応じて貫通孔47の開き角度 $\theta 1$ を変えている。そのため、ターゲット5から被成膜レンズ10の凹面10aへの入射粒子の遮蔽量を調節可能になり、レンズホルダ40内全体の膜厚分布と凹面10a内の膜厚分布を均一化することが可能となる。

【0027】

例えば、ターゲット5に対して複数の被成膜レンズ10を配置したレンズホルダ40を相対的に傾斜させた状態で回転させて成膜を行うと、凹面10aの半開角が大きい場合、凹面10aの周辺での膜厚が中心部に比較し小さくなる傾向がある。また、レンズホルダ40の周辺に向かうに従って、レンズホルダ40内に配置された個々の被成膜レンズ10の膜厚が大きくなっていく傾向がある。これに対して、被成膜レンズ10に複数の貫通孔

47を有する嵩部45を設け、貫通孔の開口を小さくすることで、凹面10a周辺に比較し、凹面中心近傍の膜厚をより大きく減少させることができる。また、レンズホルダ40の周辺部に配置された被成膜レンズ10の膜厚を平均的に小さくすることができる。これにより、凹面10a内の膜厚分布が改善でき、且つ、その際同時に成膜粒子を嵩部45で遮蔽していることにより、凹面10a内の平均的な膜厚自体の調整も可能となる。

【0028】

また、嵩部45をホルダ部43と一体化して設けることにより、従来の膜厚調整マスクのように、被成膜レンズの形状に合わせたマスク交換の為の機構不要となり、成膜装置の価格を抑制することが可能となる。

【0029】

また、成膜速度が時間的により安定しているスパッタ方式を採用したスパッタリング装置を用いることで、より膜厚分布の均一性、再現性向上が可能となる。

【0030】

また、ターゲット5の材料放出面とレンズホルダ40ホルダ面とのなす角を調整可能な角度調整機構を設けることで、成膜粒子の入射方向や量に関する調整の自由度を改善することができる。更に、高精度なレンズホルダ40全体の膜厚分布均一化とホルダ部に保持された個々の被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚分布均一化の両立が可能となる。

【0031】

また、例えば、従来技術の場合のように、レンズホルダに保持された複数の被成膜レンズに共通の膜厚調整マスクを用いた場合、レンズホルダへの被成膜レンズの充填密度が高くなる程、個々の被成膜レンズに対応した膜厚の制御困難となる。しかし、本実施形態においては、嵩部を設け、嵩部の貫通孔47の開き角度を調整することで、被成膜レンズの充填密度に関わりなく、均一な成膜を行うことが可能になる。

【0032】

次に、本発明の成膜装置の実施例及び比較例について、図1に示すスパッタリング装置1を用いて説明する。なお、以下においては、半開角（光軸10dと、凹面10aの凹面外径10eに対する光線有効径10fでの法線12とのなす角度） $\theta 2$ が 45° 以上の図4に示す被成膜レンズ10を用い、凹面10aの開き角を $\theta 3$ として説明する。また、ターゲット5とレンズホルダ40との位置関係を示すパラメータとして、TS距離13、オフセット距離14、ターゲット5の材料放出面とレンズホルダ40の保持面とのなす角度 $\theta 3$ とし、それぞれを用いて説明する。

【0033】

<実施例1>

凹面外径10eが11.5mm、光線有効径10fが11.2mm、光線有効径10fにおける半開角 $\theta 2$ が 70° 、凹面10aの開き角度 $\theta 3$ が 52.6° の複数の被成膜レンズ10を準備した。次に、回転軸41からレンズ保持部46に保持された被成膜レンズ10の凹面中心10cまでの距離が、20mm、40mm、60mmとなるレンズホルダ40を準備し、準備した被成膜レンズ10をレンズホルダ40のレンズ保持部46にそれぞれ取り付けた。

【0034】

嵩部45は、20mm位置の嵩部45の貫通孔47の開き角 $\theta 1$ が 53.5° 、40mm位置の貫通孔47の開き角 $\theta 1$ が 52.1° 、60mm位置の貫通孔47の開き角 $\theta 1$ が 50.6° となる形状とした。また、嵩部45の高さは、20mm位置の嵩部45の高さが0.5mm、40mm位置の嵩部45の高さが0.75mm、60mm位置の嵩部45の高さが1.05mmとなる形状とした。

【0035】

エロージョンリングの半径（エロージョン半径）が64mmとなるようにマグネットを取り付けたターゲット5を準備した。TS距離13が78mm、オフセット距離14が107.2mm、ターゲット5とレンズホルダ40とのなす角度 $\theta 4$ が 52.5° となるようにターゲット5とレンズホルダ40とを配置した。

【0036】

プロセスガスとして、スパッタガスにAr、反応性ガスにO₂を用い、ArとO₂とのガス流入比を1：1として成膜プロセス圧力が0.25Paとなるように調整し、ターゲット5に1.75Kwの電力を印加して、SiO₂の成膜を実施した。

【0037】

<比較例1>

実施例1と同様の被成膜レンズ10を、図5に示すレンズホルダ140のレンズ保持部146にそれぞれ取り付け、実施例1と同様の条件で、SiO₂の成膜を実施した。このときの嵩部45は、20mm位置、40mm位置及び60mm位置における貫通孔47の開き角度θ1を53.5°とし、高さを0.5mmとした。

10

【0038】

<結果>

図6(a)に、実施例1による被成膜レンズ10の凹面10aの光線有効径10fの膜厚分布を示し、図6(b)に、比較例1による被成膜レンズ10の凹面10aの光線有効径10fの膜厚分布を示す。図6において、横軸は、回転軸41からの距離を示し、縦軸は、最も膜厚が厚くなる凹面10a内での膜厚を基準(100%)としたときの、凹面10a内のレンズホルダの径方向と、レンズホルダの周方向の膜厚をそれぞれ示している。

【0039】

図6(b)に示すように、比較例1では、レンズホルダ140内に配置された全ての被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚を評価すると、最大11.8%の膜厚分布が生じていた。これに対して、実施例1では、図6(a)に示すように、レンズホルダ40内に配置された全ての被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚を評価すると、膜厚分布を6.9%に改善することができた。

20

【0040】

図7は、被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚の最大膜厚と最小膜厚の平均膜厚を凹面平均膜厚とし、最小膜厚と最大膜厚とを凹面内分布として、嵩部45の貫通孔47の開き角θ1に対する傾向をプロットしたものである。図7において、横軸は、凹面平均膜厚を示し、左の縦軸は、凹面内分布を示し、右の縦軸は、凹面平均膜厚を示したものである。凹面平均膜厚は、回転軸41からの距離が60mmの位置に配置された被成膜レンズ10において、貫通孔47の開き角θ1が52.6°と凹面10aの開き角θ3に等しい場合を、1として規格化しプロットした。

30

【0041】

図7に示すように、回転軸41からの距離が60mmの位置の被成膜レンズ10において、貫通孔47の開き角θ1が52.6°(=凹面10aの開き角θ3)～47°の範囲内で凹面内分布を低下させずに凹面平均膜厚を減少させることができることが確認できる。つまり、回転軸41からの距離が60mmの位置に配置された被成膜レンズ10は、貫通孔47の開き角θ1が52.6°～47°の範囲内で、凹面内分布を低下させることなく、他の被成膜レンズに対して自由に膜厚のバランス調整が可能となることを示している。

【0042】

<実施例2>

凹面外径10eが9.4mm、光線有効径10fが9.1mm、光線有効径10fにおける半開角θ2が49.8°、凹面10aの開き角度θ3が64.0°の複数の被成膜レンズ10を準備した。次に、回転軸41からレンズ保持部46に保持された被成膜レンズ10の凹面中心10cまでの距離が、20mm、40mm、60mmとなるレンズホルダ40を準備し、準備した被成膜レンズ10をレンズホルダ40のレンズ保持部46にそれぞれ取り付けた。

40

【0043】

嵩部45は、20mm位置の嵩部45の貫通孔47の開き角θ1が64.2°、40mm位置の貫通孔47の開き角θ1が61.7°、60mm位置の貫通孔47の開き角θ1

50

が 59.4° となる形状とした。また、嵩部45の高さは、20mm位置の嵩部45の高さが0.4mm、40mm位置の嵩部45の高さが0.7mm、60mm位置の嵩部45の高さが1.0mmとなる形状とした。

【0044】

エロージョンリングの半径（エロージョン半径）が64mmとなるようにマグネットを取り付けたターゲット5を準備した。TS距離13が75.5mm、オフセット距離14が106.6mm、ターゲット5とレンズホルダ40とのなす角度 θ_4 が 52.4° となるようにターゲット5とレンズホルダ40とを配置した。

【0045】

プロセスガスとして、スパッタガスにAr、反応性ガスに O_2 を用い、Arと O_2 とのガス流入比を1:1として成膜プロセス圧力が0.25Paとなるように調整し、ターゲット5に1.75Kwの電力を印加して、 SiO_2 の成膜を実施した。

【0046】

<比較例2>

実施例2と同様の被成膜レンズ10を、図5に示すレンズホルダ140のレンズ保持部146にそれぞれ取り付け、実施例2と同様の条件で、 SiO_2 の成膜を実施した。このときの嵩部45は、20mm位置、40mm位置及び60mm位置における貫通孔47の開き角度 θ_1 を 59.4° とし、高さを0.4mmとした。

【0047】

<結果>

図8(a)に、実施例2による被成膜レンズ10の凹面10aの光線有効径10fの膜厚分布を示し、図8(b)に、比較例2による被成膜レンズ10の凹面10aの光線有効径10fの膜厚分布を示す。図8において、横軸は、回転軸41からの距離を示し、縦軸は、最も膜厚が厚くなる凹面10a内での膜厚を基準(100%)としたときの、凹面10a内のレンズホルダの径方向と、レンズホルダの周方向の膜厚をそれぞれ示している。

【0048】

図8(b)に示すように、比較例2では、レンズホルダ140内に配置された全ての被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚を評価すると、最大10.7%の膜厚分布が生じていた。これに対して、実施例1では、図8(a)に示すように、レンズホルダ40内に配置された全ての被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚を評価すると、膜厚分布を4.2%に改善することができた。

【0049】

図9は、被成膜レンズ10の凹面10a内の膜厚の最大膜厚と最小膜厚の平均膜厚を凹面平均膜厚とし、最小膜厚と最大膜厚とを凹面内分布として、嵩部45の貫通孔47の開き角 θ_1 に対する傾向をプロットしたものである。図9において、横軸は、凹面平均膜厚を示し、左の縦軸は、凹面内分布を示し、右の縦軸は、凹面平均膜厚を示したものである。凹面平均膜厚は、回転軸41からの距離が60mmの位置に配置された被成膜レンズ10において、貫通孔47の開き角 θ_1 が 64° と凹面10aの開き角 θ_3 に等しい場合を、1として規格化しプロットした。

【0050】

図9に示すように、回転軸41からの距離が60mmの位置の被成膜レンズ10において、貫通孔47の開き角 θ_1 が $64^\circ \sim 52^\circ$ の範囲内で凹面内分布を低下させずに凹面平均膜厚を減少させることができることを確認できる。つまり、回転軸41からの距離が60mmの位置に配置された被成膜レンズ10は、貫通孔47の開き角 θ_1 が $64^\circ \sim 52^\circ$ の範囲内で、凹面内分布を低下させることなく、他の被成膜レンズに対して自由に膜厚のバランス調整が可能となることを示している。

【0051】

<実施例3>

凹面外径10eが9.4mm、凹面10aの光線有効径10fが9.1mm、凹面10aの光線有効径10fにおける半開角 θ_2 が 49.8° 、凹面10aの開き角度 θ_3 が6

10

20

30

40

50

4. 0° の複数の被成膜レンズ10を準備した。次に、回転軸41からレンズ保持部46に保持された被成膜レンズ10の凹面中心10cまでの距離が、20mm、40mm、60mmとなるレンズホルダ40を準備し、準備した被成膜レンズ10をレンズホルダ40のレンズ保持部46にそれぞれ取り付けた。

【0052】

嵩部45は、20mm位置の嵩部45の貫通孔47の開き角 θ_1 が 64.2° 、40mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 が 62.1° 、60mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 が 60.5° となる形状とした。また、嵩部45の高さは、20mm位置の嵩部45の高さが0.4mm、40mm位置の嵩部45の高さが0.65mm、60mm位置の嵩部45の高さが0.85mmとなる形状とした。

10

【0053】

エロージョンリングの半径（エロージョン半径）が64mmとなるようにマグネットを取り付けたターゲット5を準備した。TS距離13が75.5mm、オフセット距離14が106.6mm、ターゲット5とレンズホルダ40とのなす角度 θ_4 が 52.4° となるようにターゲット5とレンズホルダ40とを配置した。

【0054】

プロセスガスとして、スパッタガスにAr、反応性ガスに O_2 を用い、Arと O_2 とのガス流入比を1:1として成膜プロセス圧力が0.25Paとなるように調整した。第1ターゲット51に1.75Kwの電力を印加する SiO_2 の成膜と、第2ターゲット52に2.25kWの電力を印加する Nb_2O_5 の成膜と、をターゲットを切り替えて交互に行い、図10に示す膜厚構成となる多層反射防止膜を作成した。なお、図10に示す多層反射防止膜は、可視波長帯域（400～700nm）で反射率を低減するように設計したものである。

20

【0055】

ここで、実施例3において、レンズホルダ40の形状を上述のように設定したことに対する補足を以下に述べる。 SiO_2 では20mm位置の嵩部45の貫通孔47の開き角 θ_1 を 64.2° 、40mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 を 61.7° 、60mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 を 59.4° とし、嵩部45の高さを0.4mm、0.7mm、1.0mmとした。 SiO_2 では、この場合に最もレンズホルダ内での分布が改善する。同様に、 Nb_2O_5 では20mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 を 64.2° 、40mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 を 62.5° 、60mm位置の貫通孔47の開き角 θ_1 を 61.7° とし、嵩部45の高さ13を0.4mm、0.6mm、0.7mmとした。 Nb_2O_5 では、この場合に最もレンズホルダ内での分布が改善する。

30

【0056】

しかし、図10に示す膜設計における SiO_2 及び Nb_2O_5 のトータル膜厚が1:1の割合に近いことを考慮し、どちらかの材料に合わせた形状のレンズホルダとはせず、各材料の最適な嵩部の開き角の平均の開き角を適用したレンズホルダの形状とした。

【0057】

<比較例3>

実施例3と同様の被成膜レンズ10を、図5に示すレンズホルダ140のレンズ保持部146にそれぞれ取り付け、実施例3と同様の条件で、 SiO_2 及び Nb_2O_5 の成膜を実施した。このときの嵩部45は、20mm位置、40mm位置及び60mm位置における貫通孔47の開き角度 θ_1 を 64.2° とし、高さを0.4mmとした。

40

【0058】

<結果>

図11(a)に、実施例3による凹面10aの反射率波長特性の結果を示し、図11(b)に、比較例3による凹面10aの反射率波長特性を示す。図11において、横軸は、波長を示し、縦軸は、反射率を示している。図11(b)に示すように、比較例3のレンズホルダ140では、レンズホルダ140内に配置された全ての被成膜レンズ10の凹面10a内の反射率波長特性を評価すると、可視波長帯域（400～700nm）において

50

最大1.5%の反射が生じていた。これに対して、実施例3のレンズホルダ40では、図11(a)に示すように、レンズホルダ40内に配置された全ての被成膜レンズ10の凹面10a内の反射率波長特性を評価すると、可視波長帯域において最大0.85%にまで反射率を改善することができた。

【0059】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上述した実施形態に限定されるものではない。また、本発明の実施形態に記載された効果は、本発明から生じる最も好適な効果を列挙したに過ぎず、本発明による効果は、本発明の実施形態に記載されたものに限定されない。

【0060】

例えば、本実施形態においては、嵩部45とレンズホルダ40とを一体に形成したが、本発明においてはこれに限定されない。例えば、嵩部45は、レンズホルダ40と別体に形成して、レンズホルダ40に組み付ける等の構成であってもよい。

【0061】

また、本実施形態においては、レンズホルダ40を揺動させてレンズホルダ40とターゲット5との相対角度を変更したが、本発明においてはこれに限定されない。ターゲット5を移動させて、レンズホルダ40とターゲット5との相対角度を変更する構成であってもよい。つまり、レンズホルダ40及びターゲット5の少なくとも一方を移動させて、相対角度を変更する構成であればよい。

【符号の説明】

【0062】

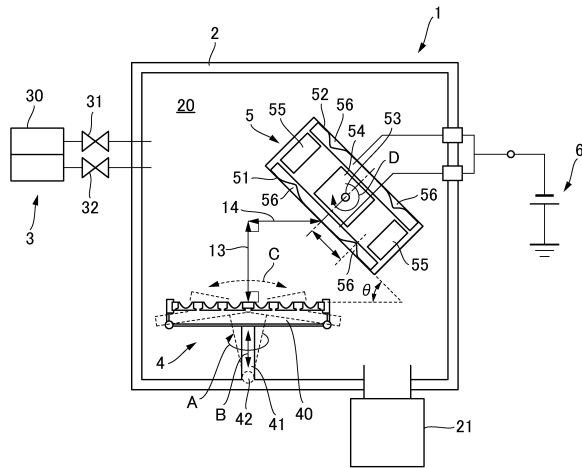
- 1 スパッタリング装置
- 3 ガス供給部
- 4 回転装置
- 5 ターゲット
- 6 電源部
- 10 被成膜レンズ
- 10a 凹面
- 10c 凹面中心
- 10d 光軸
- 40 レンズホルダ
- 41 回転軸
- 42 揺動軸（角度調整機構）
- 45 嵩部（被せ部材）
- 46 レンズ保持部
- 47 貫通孔
- 47a 第1開口
- 47b 第2開口

10

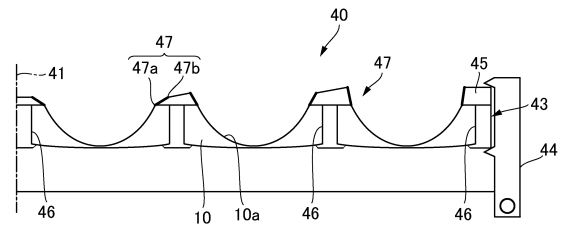
20

30

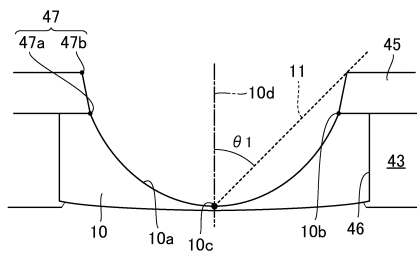
【図 1】



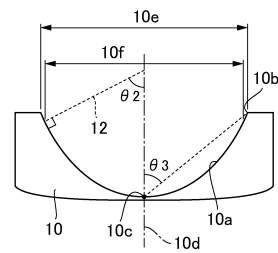
【図 2】



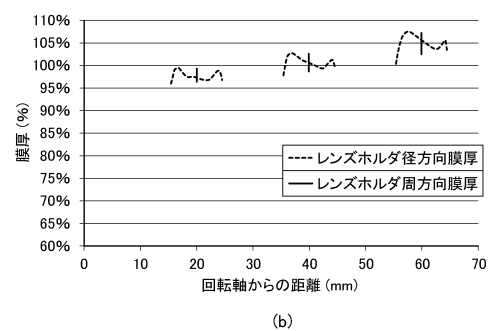
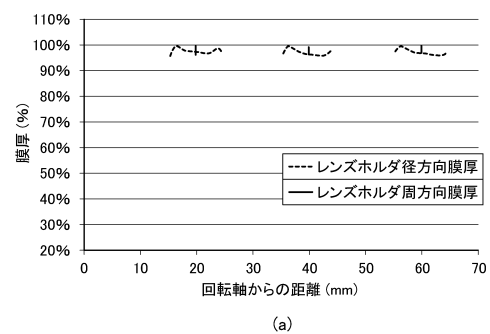
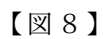
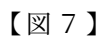
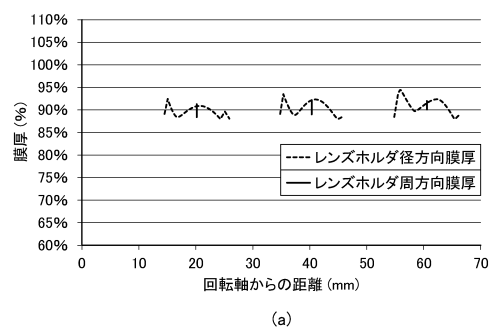
【図 3】



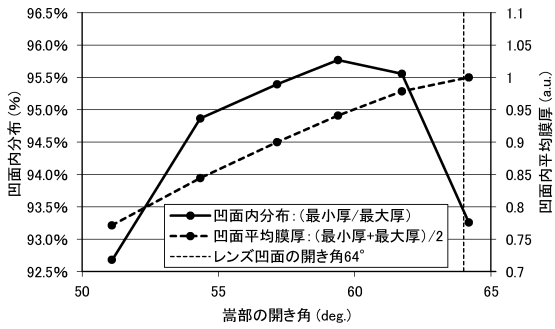
【図 4】



【図 6】



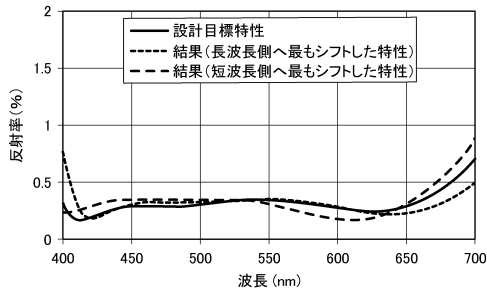
【図 9】



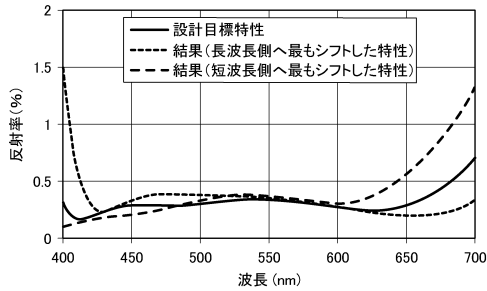
【図 10】

	材料	膜厚(nm)	屈折率
基板	光学ガラス	—	1.850
1層	Nb ₂ O ₅	18.2	2.330
2層	SiO ₂	16.4	1.460
3層	Nb ₂ O ₅	73	2.330
4層	SiO ₂	9	1.460
5層	Nb ₂ O ₅	31.1	2.330
6層	SiO ₂	89.8	1.460

【図 11】



(a)



(b)

フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第98/052083 (WO, A1)
特開平11-139475 (JP, A)
特開2004-315014 (JP, A)
特開2004-269988 (JP, A)
特開2006-328485 (JP, A)
特開2006-328488 (JP, A)
特開平10-317135 (JP, A)
国際公開第2012/133468 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
C23C 14/00-14/58
G02B 1/113
G02B 3/00