

(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2006-58779

(P2006-58779A)

(43) 公開日 平成18年3月2日(2006.3.2)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G02B 1/11 (2006.01)	G02B 1/10 A	2K009
B32B 7/02 (2006.01)	B32B 7/02 103	4F100
C03C 17/34 (2006.01)	C03C 17/34 Z	4G059
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521	5F046
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 515D	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-242652 (P2004-242652)	(71) 出願人	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
(22) 出願日	平成16年8月23日 (2004.8.23)	(74) 代理人	100110412 弁理士 藤元 亮輔
		(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
		Fターム(参考)	2K009 AA09 BB04 CC02 CC03 CC06 DD03 DD04 DD07 4F100 AA05B AA05C AA05D AA05E AA13B AA13D AA20C AA20E AT00A BA05 BA07 BA08 BA10A BA10E GB41 JN18B JN18C JN18D JN18E JN30 YY00B YY00C YY00D YY00E

最終頁に続く

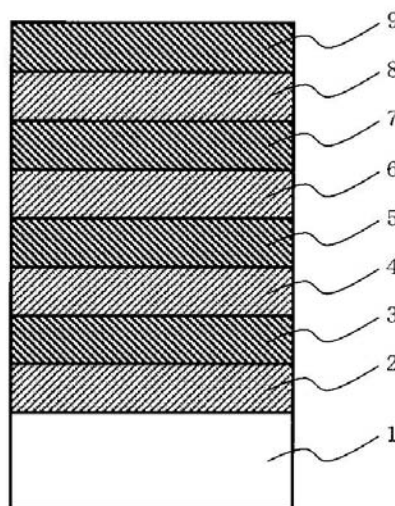
(54) 【発明の名称】 反射防止膜、光学素子、露光装置、及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 様々な入射角度の光線に対して優れた反射防止効果を示し、かつフレアやゴースト等の光学系に対する悪影響を低減することのできる反射防止膜を提供すること。

【解決手段】 この反射防止膜は、基材表面に形成された少なくとも8層からなる所定波長の光に対する反射防止膜であって、基材表面から順に第1層、第3層、第5層、及び第7層が所定波長に対して基材の屈折率より屈折率の高い高屈折率材料で構成され、基材表面から順に第2層、第4層、第6層、及び第8層が基材の所定波長に対する屈折率より屈折率の低い低屈折率材料で構成されている。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基材表面に形成された少なくとも 8 層からなる所定波長の光に対する反射防止膜であって、

前記基材表面から順に第 1 層、第 3 層、第 5 層、及び第 7 層が前記所定波長に対して前記基材の屈折率より屈折率の高い高屈折率材料で構成され、

前記基材表面から順に第 2 層、第 4 層、第 6 層、及び第 8 層が前記基材の前記所定波長に対する屈折率より屈折率の低い低屈折率材料で構成されていることを特徴とする反射防止膜。

【請求項 2】

前記所定波長を λ_0 としたときに、実質的に前記第 1 層の光学的膜厚が $0.36 \lambda_0$ 、前記第 2 層の光学的膜厚が $0.41 \lambda_0$ 、前記第 3 層の光学的膜厚が $0.30 \lambda_0$ 、前記第 4 層の光学的膜厚が $0.40 \lambda_0$ 、前記第 5 層の光学的膜厚が $0.34 \lambda_0$ 、前記第 6 層の光学的膜厚が $0.29 \lambda_0$ 、前記第 7 層の光学的膜厚が $0.31 \lambda_0$ 、及び前記第 8 層の光学的膜厚が $0.20 \lambda_0$ であることを特徴とする請求項 1 に記載の反射防止膜。

【請求項 3】

前記第 1 層から前記第 8 層までの各光学的膜厚が、それぞれ $\pm 8\%$ 以下の精度で形成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の反射防止膜。

【請求項 4】

前記低屈折率材料が、フッ化マグネシウム、フッ化アルミニウム、フッ化リチウム、フッ化カルシウム、酸化ケイ素、フッ化ナトリウム、フッ化バリウム、フッ化ストロンチウム、六フッ化ナトリウムアルミニウム、チオライト、又はこれらの混合物のうちから選択される材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の反射防止膜。

【請求項 5】

前記高屈折率材料が、フッ化ランタン、フッ化ネオジウム、フッ化ガドリニウム、酸化マグネシウム、酸化ランタン、酸化アルミニウム、フッ化ジスプロシウム、フッ化鉛、フッ化イットリウム、窒化アルミニウム、又はこれらの混合物のうちから選択される材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の反射防止膜。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のうちいずれか 1 項に記載の反射防止膜が、前記所定波長の光に対して光透過性を有する基材表面に形成されて構成される光学素子。

【請求項 7】

光源からの光でレチクルを照明する照明光学系と、

前記レチクルのパターンを基板上に投影する投影光学系とを備えた露光装置であって、

前記照明光学系又は前記投影光学系の少なくともいずれか一方が請求項 6 に記載の光学素子を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の露光装置によって基板にパターンを露光する工程と、

露光された前記基板に所定のプロセスを行う工程とを有するデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に反射防止膜に係り、特に波長 $150 \text{ nm} \sim 300 \text{ nm}$ の紫外光の反射を防止するために構成された反射防止膜、その反射防止膜が表面に形成された光学素子、その光学素子を用いた露光装置、及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体露光装置等のレンズ光学系においては、1 枚のレンズ内に様々な入射角度で光が入射する。レンズ内での位置の違いによっても光線入射角度の分布が異なっている。近年の半導体露光装置においては、その高解像化に伴い露光波長の短波長化と光学系の開口数

10

20

30

40

50

(NA)の増大化とが進んでいる。この露光波長の短波長化により、レンズやレンズ表面の膜の材料はフッ化物、一部酸化物、又は窒化物に絞られてきている。更にNAの増大化に伴ってレンズへの光線入射角度はより大きくなってきており、入射角度に依存することなくレンズ表面で光線の反射を低減することが要求されるようになってきている。従来、紫外領域の多層反射防止膜として、例えば特許文献1が知られている。

【0003】

従来用いられているレンズ反射防止膜として、例えば、設計波長 $\lambda_0 = 193 \text{ nm}$ に対して、フッ化カルシウム (CaF_2 (屈折率 $n = 1.50$)) を材料とする基材上に光学的膜厚が $0.25 \lambda_0$ のフッ化ランタン (LaF_3 ($n = 1.680$)) からなる高屈折率材料層と、光学的膜厚が $0.25 \lambda_0$ のフッ化マグネシウム (MgF_2 ($n = 1.417$)) からなる低屈折率材料層とを順次積層した構成のもの (以下、2層膜構成という。) がある。ここで、光学的膜厚とは、物理的な膜厚に入射する光の屈折率を掛けた値である。また、光学的膜厚が $0.5 \lambda_0$ のフッ化マグネシウム (MgF_2 ($n = 1.417$)) からなる低屈折率材料層と、光学的膜厚が $0.25 \lambda_0$ のフッ化ランタン (LaF_3 ($n = 1.680$)) からなる高屈折率材料層と、光学的膜厚が $0.25 \lambda_0$ のフッ化マグネシウム (MgF_2 ($n = 1.417$)) からなる低屈折率材料層とを順次積層した構成のもの (以下、3層膜構成という。) もある。ここで設計波長とは、レンズが用いられる光学系で主に用いられる光の波長であり、反射防止膜はその波長の光の反射防止を目的として形成される。

【0004】

上記の2層膜構成の反射率の入射角度特性を図7に、3層膜構成の反射率の入射角度特性を図8に示す。図中、横軸は光の入射角を示し、縦軸は反射率を示す。図からわかるように、これらのものは入射角度 $0^\circ \sim 30^\circ$ の範囲内において反射防止効果が高い。ここで、 R_p , R_s , R_a は各々 p 偏光反射率、s 偏光反射率、平均反射率を示す。

【特許文献1】特開平10-268106号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、図7及び図8に示した上記の2層構成、3層構成のものでは、光の入射角度が 40° 以上となると平均反射率 R_a が急激に高くなり、結像の解像性能にフレアやゴースト等の悪影響を与える。すなわち、上記のような反射防止膜では、入射角が 40° 以上となると光の反射を抑えきれなくなる。また、p 偏光反射率 R_p と s 偏光反射率 R_s とが入射角度 $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲で 3.5% 以上の差 ($|R_p - R_s| > 3.5\%$) を生じており、これが光学系で生じたフレアやゴーストのシミュレーションを困難にしていると考えられる。したがって、光学系内のレンズに入射する様々な入射角度の光線を大きな反射を生じることなく透過できるように、また、偏光による反射特性の差が大きくなるないように、レンズに成膜されている反射防止膜を改善することが必要となる。

本発明は上記の事情に鑑みて為されたもので、様々な入射角度の光線に対して優れた反射防止効果を示し、かつフレアやゴースト等の光学系に対する悪影響を低減することのできる反射防止膜を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の目的を達成するために、本発明の例示的側面としての反射防止膜は、基材表面に形成された少なくとも8層からなる所定波長の光に対する反射防止膜であって、基材表面から順に第1層、第3層、第5層、及び第7層が所定波長に対して基材の屈折率より屈折率の高い高屈折率材料で構成され、基材表面から順に第2層、第4層、第6層、及び第8層が基材の所定波長に対する屈折率より屈折率の低い低屈折率材料で構成されていることを特徴とする。

【0007】

その所定波長を λ_0 としたときに、実質的に第1層の光学的膜厚が $0.36 \lambda_0$ 、第2層

10

20

30

40

50

の光学的膜厚が $0.41 \mu\text{m}$ 、第3層の光学的膜厚が $0.30 \mu\text{m}$ 、第4層の光学的膜厚が $0.40 \mu\text{m}$ 、第5層の光学的膜厚が $0.34 \mu\text{m}$ 、第6層の光学的膜厚が $0.29 \mu\text{m}$ 、第7層の光学的膜厚が $0.31 \mu\text{m}$ 、及び第8層の光学的膜厚が $0.20 \mu\text{m}$ であることが望ましい。また、第1層から第8層までの各光学的膜厚が、それぞれ $\pm 8\%$ 以下の精度で形成されていることが望ましい。

【0008】

低屈折率材料が、フッ化マグネシウム、フッ化アルミニウム、フッ化リチウム、フッ化カルシウム、酸化ケイ素、フッ化ナトリウム、フッ化バリウム、フッ化ストロンチウム、六フッ化ナトリウムアルミニウム、チオライト、又はこれらの混合物のうちから選択される材料であってもよい。また、高屈折率材料が、フッ化ランタン、フッ化ネオジウム、フッ化ガドリニウム、酸化マグネシウム、酸化ランタン、酸化アルミニウム、フッ化ジスプロシウム、フッ化鉛、フッ化イットリウム、窒化アルミニウム、又はこれらの混合物のうちから選択される材料であってもよい。

10

【0009】

本発明の他の例示的側面としての、光学素子は、上記の反射防止膜が、所定波長の光に対して光透過性を有する基材表面に形成されて構成されることを特徴とする。

【0010】

本発明のさらに他の例示的側面としての露光装置は、光源からの光でレチクルを照明する照明光学系と、レチクルのパターンを基板上に投影する投影光学系とを備えた露光装置であって、照明光学系又は投影光学系の少なくともいずれか一方が請求項6に記載の光学素子を有することを特徴とする。

20

【0011】

本発明のさらに他の例示的側面としてのデバイス製造方法は、上記の露光装置によって基板にパターンを露光する工程と、露光された基板に所定のプロセスを行う工程とを有することを特徴とする。

【0012】

本発明の他の目的及び更なる特徴は、以下、添付図面を参照して説明される実施形態により明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、様々な入射角度、例えば入射角度 30° を超えるような光線に対しても優れた反射防止効果を得ることができ、フレアやゴースト等の光学系に対する悪影響を低減することができる。また、少ない積層数で反射防止効果を得られるので、成膜の効率（生産性）を向上させることができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

[実施の形態1]

本発明の実施の形態1に係る反射防止膜について図面を用いて説明する。図1は、本発明の実施の形態1に係る反射防止膜Fの概略構成図である。この反射防止膜Fは、基材1上に高屈折率材料層2、低屈折率層材料3、高屈折率材料層4、低屈折率層材料5、高屈折率材料層6、低屈折率層材料7、高屈折率材料層8、低屈折率層材料9を順次積層して構成されている。

40

【0015】

ここで、低屈折率材料は基材1よりも屈折率の低い材料のことであり、例えば、フッ化マグネシウム(MgF_2)、フッ化アルミニウム(AlF_3)、フッ化リチウム(LiF)、フッ化カルシウム(CaF_2)、酸化ケイ素(SiO_2)、フッ化ナトリウム(NaF)、フッ化バリウム(BaF_2)、フッ化ストロンチウム(SrF_2)、六フッ化アルミニウムナトリウム(Na_3AlF_6)、チオライト($\text{Na}_5\text{Al}_3\text{F}_{14}$)、又はこれらの混合物が使用される。低屈折率材料層3、低屈折率材料層5、低屈折率材料層7、低屈折率材料層9には、それぞれ同種の物質を使用しても異種の物質を使用してもよい。

50

【0016】

また、高屈折率材料は基材1よりも屈折率の高い材料のことであり、例えば、フッ化ランタン (LaF_3)、フッ化ネオジウム (NdF_3)、フッ化ガドリニウム (GdF_3)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ランタン (La_2O_3)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、フッ化ジスプロシウム (DyF_3)、フッ化鉛 (PbF_2)、フッ化イットリウム (YF_3)、窒化アルミニウム (AlN)、又はこれらの混合物が使用される。高屈折率材料層2、高屈折率材料層4、高屈折率材料層6、高屈折率材料層8には、それぞれ同種の物質を使用しても異種の物質を使用してもよい。これらの材料層2~8は、公知の成膜技術である真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等によって基材1上に形成(成膜)される。

10

【0017】

本実施の形態においては、設計波長 $\lambda_0 = 193 \text{ nm}$ に対して、例えば以下に示すような構成の反射防止膜Fを使用する。基材1として合成石英基材(屈折率 $n = 1.556$)を用い、その上に第1層目として光学的膜厚が約 $0.424 \lambda_0$ の LaF_3 ($n = 1.70$) からなる高屈折材料層2、第2層目として光学的膜厚が $0.390 \lambda_0$ の MgF_2 ($n = 1.417$) からなる低屈折材料層3、第3層目として光学的膜厚が $0.351 \lambda_0$ の LaF_3 ($n = 1.70$) からなる高屈折材料層4、第4層目として光学的膜厚が $0.383 \lambda_0$ の MgF_2 ($n = 1.417$) からなる低屈折材料層5、第5層目として光学的膜厚が $0.40 \lambda_0$ の LaF_3 ($n = 1.70$) からなる高屈折材料層6、第6層目として光学的膜厚が $0.275 \lambda_0$ の MgF_2 ($n = 1.417$) からなる低屈折材料層7

20

【0018】

図2は、上記のように膜構成された実施の形態1に係る反射防止膜Fの設計波長 193 nm の光に対する入射角度と反射率との関係を示すグラフである。図2において、 R_p はp偏光に対する反射率、 R_s はs偏光に対する反射率、 R_a はp偏光とs偏光の平均反射率を示している。図2よりわかるように、この反射防止膜Fは、入射角度 $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲において、平均反射率 R_a が 1.5% 以下という優れた反射防止効果を示している。また、 $|R_p - R_s|$ も $0^\circ \sim 60^\circ$ の入射角度範囲において 1.5% 程度に抑えること

30

【0019】

[実施の形態2]

本発明の実施の形態2に係る反射防止膜について図面を用いて説明する。この実施の形態においては、基材1として蛍石基材($n = 1.50$)を用い、その基材1上に反射防止膜Fが成膜されている。反射防止膜Fは、第1層目として光学的膜厚が約 $0.391 \lambda_0$ の LaF_3 ($n = 1.70$) からなる高屈折材料層2、第2層目として光学的膜厚が $0.422 \lambda_0$ の MgF_2 ($n = 1.417$) からなる低屈折材料層3、第3層目として光学的膜厚が $0.323 \lambda_0$ の LaF_3 ($n = 1.70$) からなる高屈折材料層4、第4層目として光学的膜厚が $0.414 \lambda_0$ の MgF_2 ($n = 1.417$) からなる低屈折材料層

40

【0020】

図3は、上記のように膜構成された実施の形態2に係る反射防止膜Fの設計波長 193 nm の光に対する入射角度と反射率との関係を示すグラフである。図3よりわかるように、この反射防止膜Fは、入射角度 $0^\circ \sim 60^\circ$ の範囲において、反射率 1.5% 以下とい

50

う反射防止効果を示している。平均反射率 R_a は、 $0^\circ \sim 65^\circ$ の入射角度範囲で低い数値を示している。また、 $|R_p - R_s|$ も $0^\circ \sim 60^\circ$ の入射角度範囲において 1.5% 程度に抑えることが可能となっている。

【0021】

[実施の形態3]

図4は、本発明の実施の形態3に係る露光装置を概略的に示した図である。この露光装置Sは、露光原版としてのレチクル51上の回路パターンを被処理体としてのウエハ52上に露光するためのものである。この露光装置Sは、例えば波長193nmのレーザ光源53からの光をレチクル51上に導く照明光学系54、レチクル51上の回路パターン像をウエハ52上に投影する投影光学系55を有して構成される。

10

【0022】

照明光学系54は光学素子としてのレンズ54aを有している。投影光学系55も光学素子としてのレンズ55aを有している。これらのレンズ54a, 55aの表面には、上述の実施の形態1~2に係る反射防止膜Fが成膜されている。したがって、広い入射角度に対して高い反射防止効果を示し、その結果光学性能が向上して露光装置Sは高精度に露光を行うことができる。

【0023】

[実施の形態4]

次に、図5及び図6を参照して、上述の露光装置Sを利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。図5は、デバイス(ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等)の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ101(回路設計)ではデバイスの回路設計を行う。ステップ102(レチクル製作)では、設計した回路パターンを形成したレチクルを製作する。ステップ103(ウエハ製造)ではシリコンなどの材料を用いてウエハ(基板)を製造する。ステップ104(ウエハプロセス)は前工程と呼ばれ、レチクルとウエハを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。ステップ105(組み立て)は後工程と呼ばれ、ステップ104によって作成されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程(ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程(チップ封入)等の工程を含む。ステップ106(検査)では、ステップ105で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷(ステップ107)される。

20

30

【0024】

図6は、ステップ104のウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ111(酸化)ではウエハの表面を酸化させる。ステップ112(CVD)では、ウエハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ113(電極形成)では、ウエハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ114(イオン打ち込み)ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ115(レジスト処理)ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ116(露光)では、露光装置Sによってレチクルの回路パターンをウエハに露光する。ステップ117(現像)では、露光したウエハを現像する。ステップ118(エッチング)では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ119(レジスト剥離)では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施の形態の製造方法によれば従来よりも高品位かつ高集積度のデバイスを低コストに製造することができる。

40

【0025】

以上、本発明の好ましい実施の形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、その要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の実施の形態1に係る反射防止膜の構成を示す概略構成図である。

【図2】図1に示す反射防止膜の設計波長の光に対する入射角度と反射率との関係を示す

50

グラフである。

【図 3】本発明の実施の形態 2 に係る反射防止膜の設計波長の光に対する入射角度と反射率との関係を示すグラフである。

【図 4】本発明の実施の形態 3 に係る露光装置の全体構成を示す概略構成図である。

【図 5】図 4 に示す露光装置によるデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図 6】図 9 に示すステップ 104 の詳細なフローチャートである。

【図 7】従来の 2 層膜構成の反射防止膜の反射率の入射角度特性を示すグラフである。

【図 8】従来の 3 層膜構成の反射防止膜の反射率の入射角度特性を示すグラフである。

【符号の説明】

10

【0027】

1：基材

2，4，6，8：高屈折率材料層

3，5，7，9：低屈折率材料層

51：レチクル

52：ウエハ

53：レーザー光源

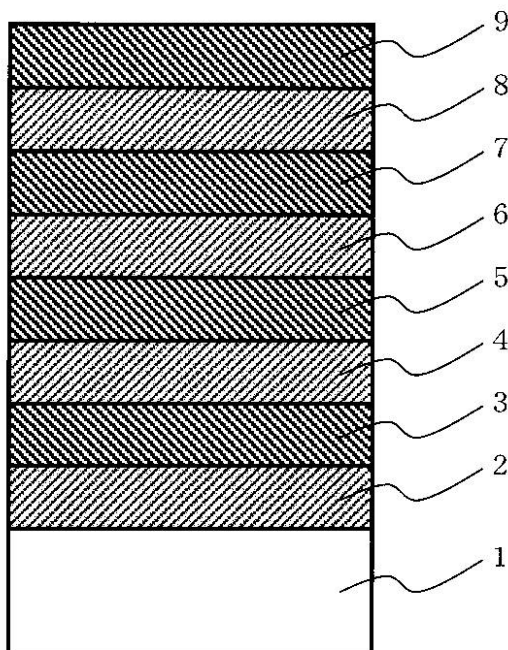
54：照明光学系

54a，55a：レンズ

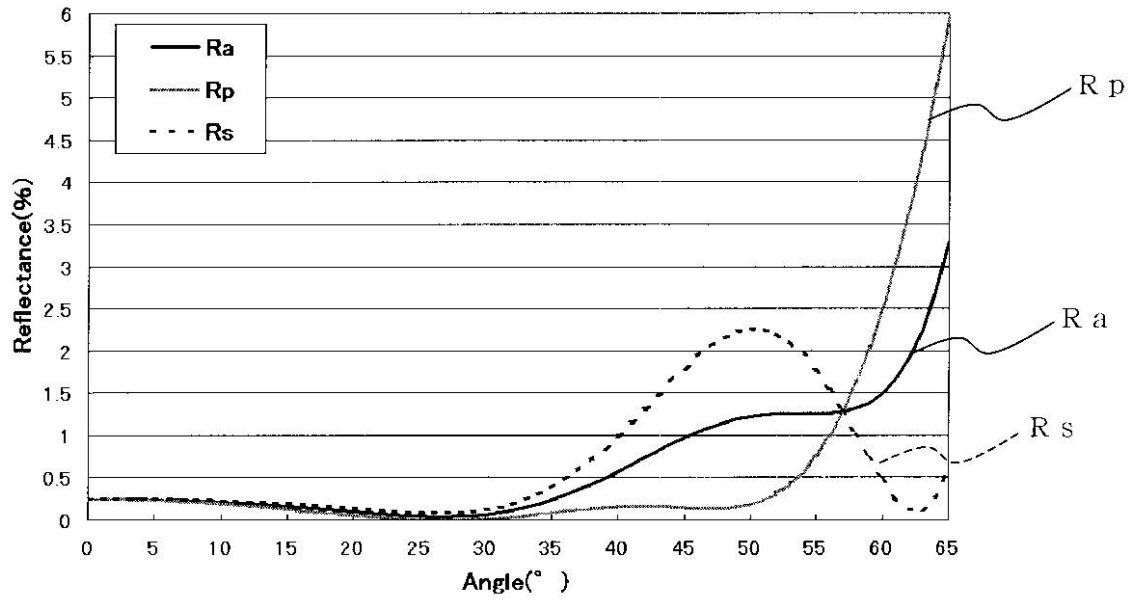
55：投影光学系

20

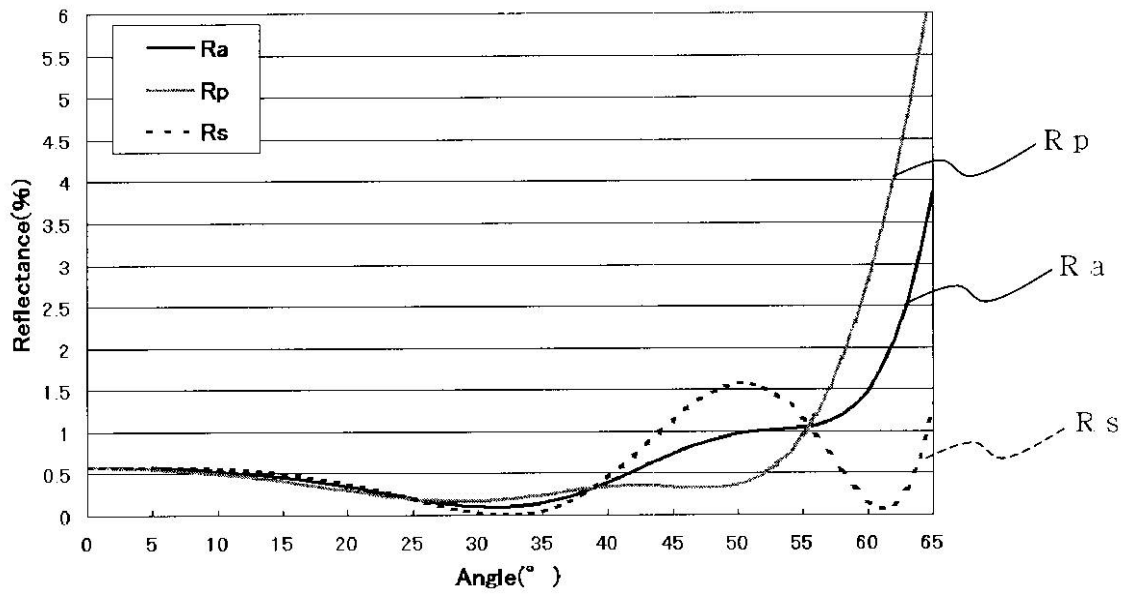
【図 1】



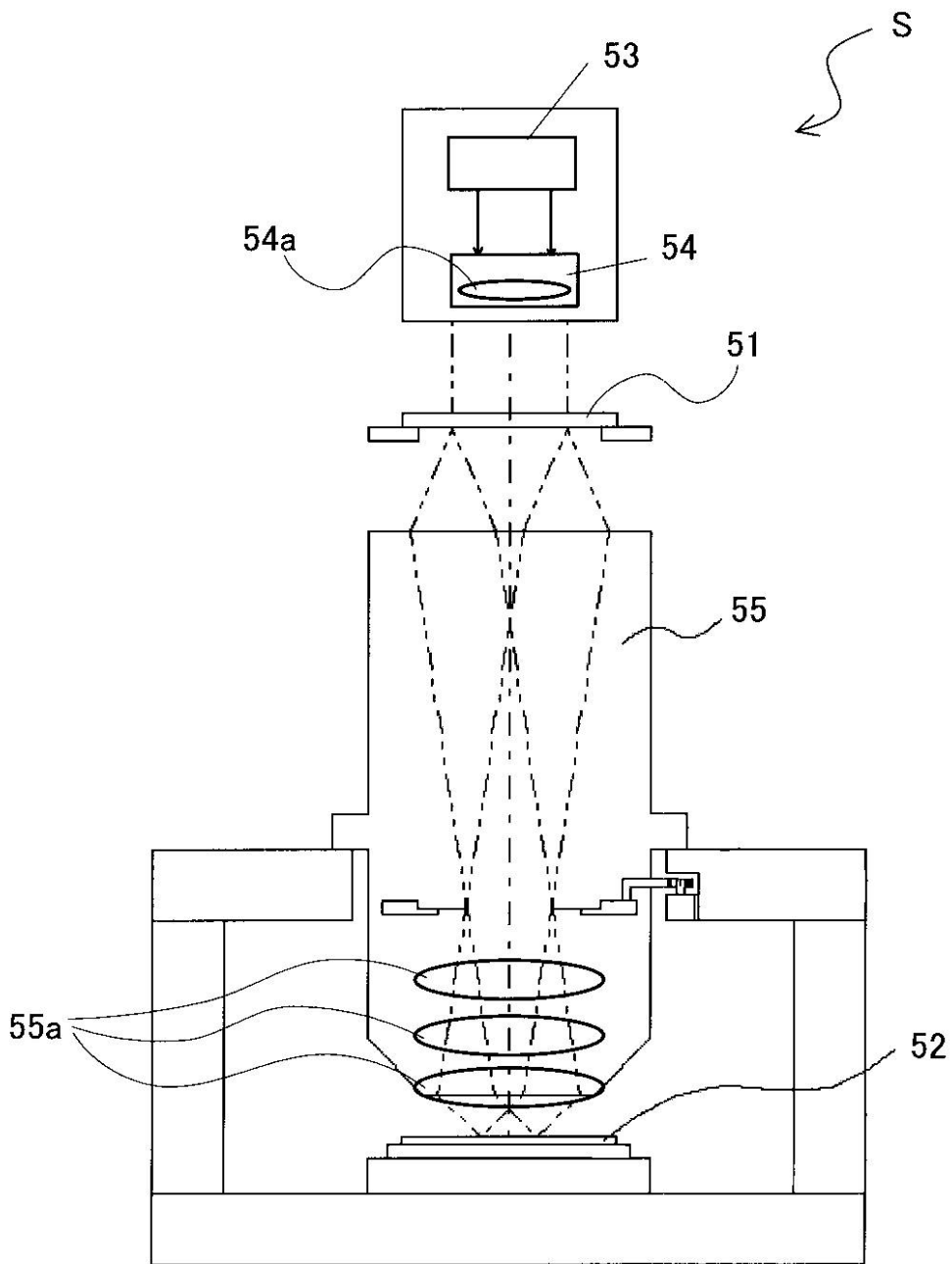
【 図 2 】



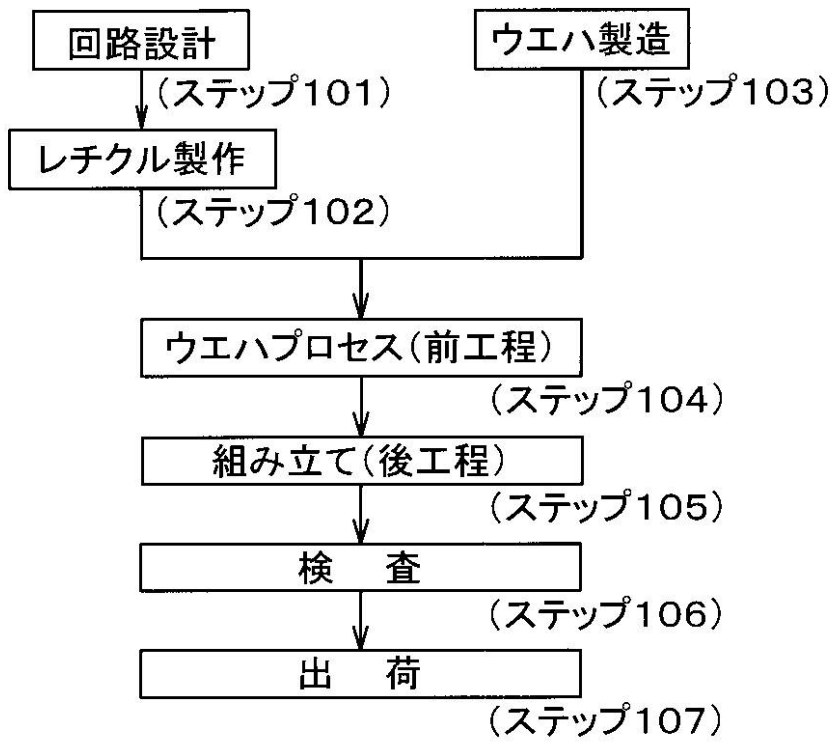
【 図 3 】



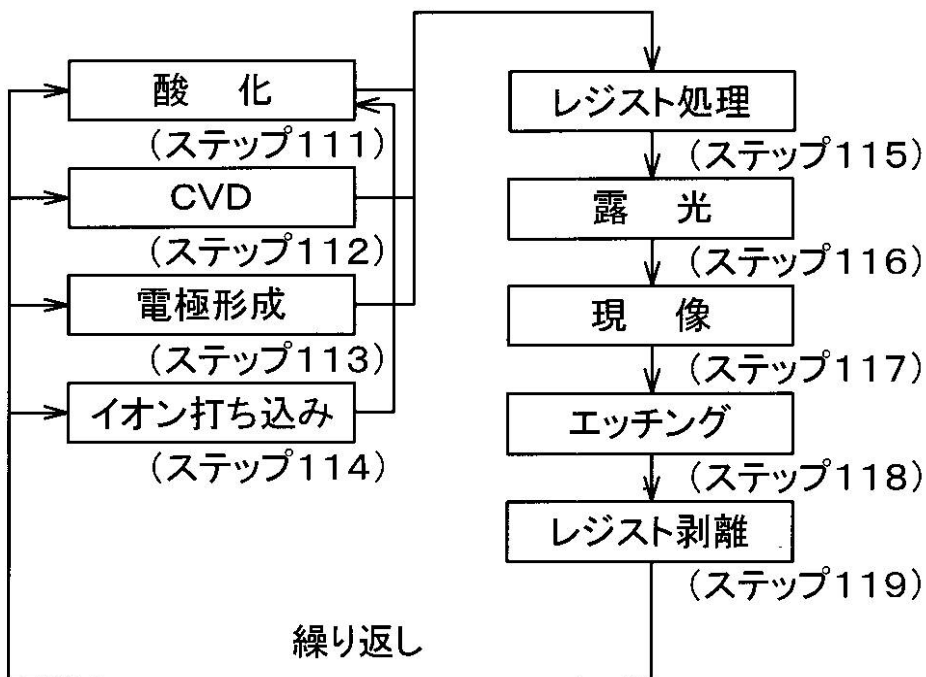
【 図 4 】



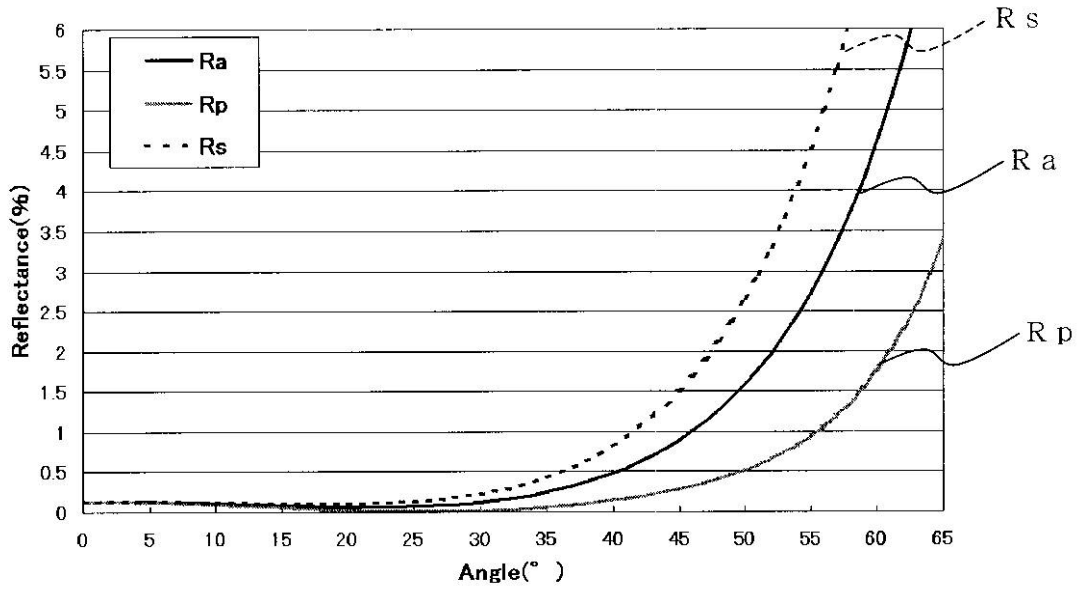
【 図 5 】



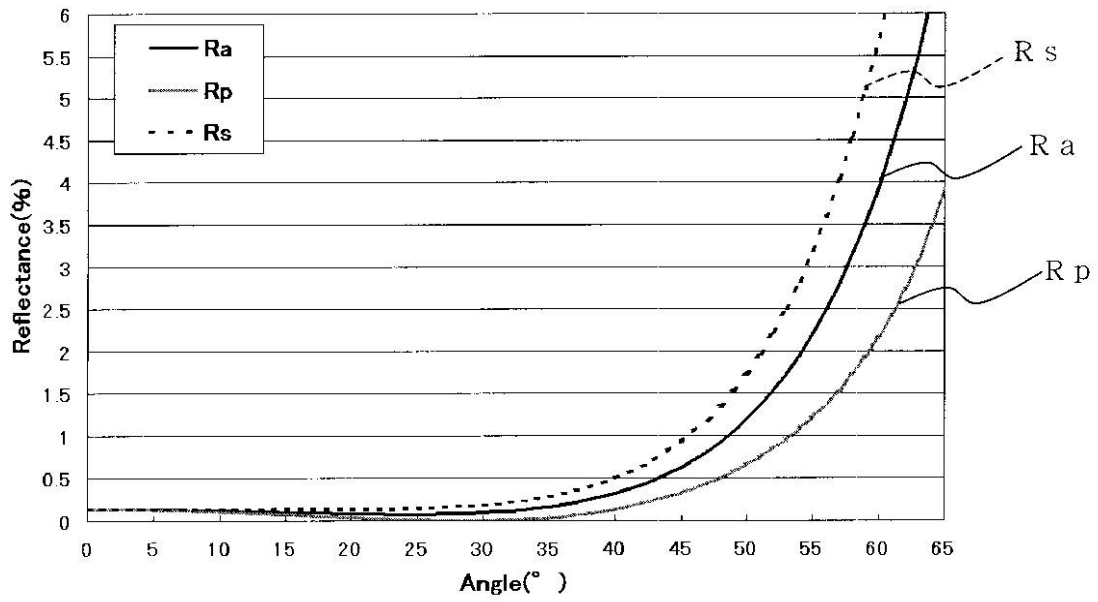
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G059 AA11 AC04 EA01 EA05 EB01 EB03 EB04 GA02 GA04 GA12
5F046 BA03 CB01 CB12