

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4236397号
(P4236397)

(45) 発行日 平成21年3月11日(2009.3.11)

(24) 登録日 平成20年12月26日(2008.12.26)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 17/08	(2006.01) G02B 17/08 A
G02B 5/30	(2006.01) G02B 5/30
G02B 13/18	(2006.01) G02B 13/18
G03F 7/20	(2006.01) G03F 7/20 521
H01L 21/027	(2006.01) H01L 21/30 515D

請求項の数 4 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2001-221852 (P2001-221852)
(22) 出願日	平成13年7月23日 (2001.7.23)
(65) 公開番号	特開2002-90626 (P2002-90626A)
(43) 公開日	平成14年3月27日 (2002.3.27)
審査請求日	平成17年12月22日 (2005.12.22)
(31) 優先権主張番号	09/620886
(32) 優先日	平成12年7月21日 (2000.7.21)
(33) 優先権主張国	米国(US)

前置審査

(73) 特許権者 503195263
エーエスエムエル ホールディング エヌ
.ブイ.
オランダ国 ヴェルトホーフェン 550
4 ディー アール, デ ラン 6501
(74) 代理人 100079108
弁理士 稲葉 良幸
(74) 代理人 100109346
弁理士 大貫 敏史
(72) 発明者 ディヴィッド エム ウィリアムソン
イギリス国 ウースター ダブリュアール
14 4ディーダブリュ ウエスト マル
ヴァーン ハーコート ロード (番地な
し) ヴァーノン コテージ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】縮小光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ほぼ以下の第1表に記載の構造データに基づく構造からなり、
【表1】

第1表				
部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞		71.0257	
12	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			6.0000	
14	∞	-1637.5100 CX	17.8788	シリカ
空間			7.6907	
16	-507.9899 CC	425.0110 CC	23.6604	シリカ
空間			23.6491	
18	482.8744 CX	-334.9535 CX	32.3037	シリカ
空間			12.0839	
20	-210.1022 CC	-342.7380 CX	35.5779	シリカ
空間			1.5001	
22	254.8364 CX	-1377.8565 CX	38.5079	シリカ
空間			83.5499	
24	∞		-64.0738	リフレクタ

【表2】

26	-200.6185 CX	-294.6182 CC	-30.0000	シリカ
空間			-33.6639	
28	A(1)	207.0105 CX	-30.2428	シリカ
空間			-1.9989	
30	2223.6648 CC	-166.4311 CC	-27.4282	シリカ
空間			-21.5924	
31	∞	∞	-91.0000	シリカ
32	∞	∞		リフレクタ
31	∞	∞	91.0000	シリカ
空間			1.7156	
34	∞	∞	6.000	シリカ
空間			23.3211	
36	A(2)		-23.3211	リフレクタ
34	∞	∞	-6.000	シリカ
空間			-1.7156	
31	∞	∞	-91.0000	シリカ
31	∞	∞	-68.0000	シリカ
空間			-1.7156	
38	∞	∞	-4.4503	シリカ
空間			-0.5000	
40	-627.6194 CX	211.4176 CX	-21.5127	CaF ₂
空間			-0.5000	
42	-87.2228 CX	-200.3029 CC	-19.1435	CaF ₂
空間			-0.5000	
44	-91.9856 CX	-59.4578 CC	-27.1671	シリカ
空間			-2.9551	
46	-73.3403 CX	-160.4650 CC	-21.3988	CaF ₂
空間			-1.4194	
48	-126.8033 CX	-368.0257 CC	-5.2755	CaF ₂
空間			-1.0000	
49	∞	∞	-0.9000	シリカ
	像距離 =		-2.3000	
50	∞	∞		

かつ非球面定数 A (1) 及び A (2) が以下の方程式及び第 1 A 表に基づき設けられており、

【数1】

$$Z = \frac{(CURV)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(CURV)^2)y^2} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

【表3】

第1 A 表						
非球面	曲率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00497390	0.000000	2.35640E-08	-7.81654E-14	4.40789E-17	2.12263E-20
A(2)	-0.00289239	0.000000	2.36370E-09	1.65324E-13	7.69607E-18	9.90953E-23
	E	F	G	H	I	J
A(1)	-6.05312E-24	9.94327E-28	-8.75026E-28	3.18657E-36	0.00000E+00	
A(2)	4.61249E-26	-3.24220E-30	2.06573E-34	-4.86011E-40	0.00000E+00	

それにより像野が形成されることを特徴とする縮小光学系。

【請求項2】

ほぼ以下の第2表に記載の構造データに基づく構造からなり、

10

20

30

40

【表4】

第2表				
部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞		71.0257	
112	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			6.0014	
114	∞	-1637.5100 CX	17.8788	シリカ
空間			9.1702	
116	-433.0968 CC	2598.0412 CC	29.3027	シリカ
空間			28.9382	
118	-5578.3482 CC	-382.9273 CX	29.8579	シリカ
空間			16.6017	
120	-189.0676 CC	-239.8621 CX	18.0000	シリカ
空間			1.5014	
122	259.603 CX	-2163.768 CX	37.8249	シリカ
空間			86.0743	
124	∞		-64.0738	リフレクタ
126	-200.8102 CX	-363.2248 CC	-28.2406	シリカ
空間			-48.5160	
128	A(1)	215.5519 CX	-30.2428	シリカ
空間			-2.0011	
130	-718.0642 CX	-142.9228 CC	-12.1060	シリカ
空間			-23.8197	
131	∞	∞	-91.0000	シリカ
132	∞			リフレクタ
131	∞	∞	91.0000	シリカ
空間			1.7156	
134	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			25.1737	
136	A(2)		-25.1737	リフレクタ
134	∞	∞	-6.0000	シリカ
空間			-1.7156	

【表5】

131	∞	∞	-91.0000	シリカ
131	∞	∞	-68.0000	シリカ
空間			-1.7156	
138	∞	∞	-4.4503	シリカ
空間			-0.5000	
140	-366.1837 CX	259.6264 CX	-22.6130	CaF ₂
空間			-0.5000	
142	-85.8999 CX	-176.3075 CC	-19.0232	CaF ₂
空間			-0.5000	
144	-86.4495 CX	-64.6738 CC	-15.3239	CaF ₂
空間			-5.5180	
146	-100.7188 CX	-180.9651 CC	-31.1363	CaF ₂
空間			-1.2329	
148	-138.0675 CX	-502.9595 CC	-5.2755	CaF ₂
空間			-1.0000	
149	∞	∞	-0.9000	シリカ
	像距離 =		-2.3000	
50	∞			

かつ非球面定数 A (1) 及び A (2) が以下の方程式及び第2A表に基づき設けられており、

10

20

30

40

【数2】

$$Z = \frac{(CURV)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(CURV)^2 y^2)^{1/2}} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

【表6】

第2 A表						
非球面	曲率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00576125	0.000000	3.60293E-09	-4.18487E-13	-4.80164E-17	1.86225E-20
A(2)	-0.00288476	0.000000	1.74269E-09	1.17265E-13	6.94898E-18	-2.48358E-22
		E	F	G	H	J
A(1)		-5.22691E-24	8.72143E-28	-7.89947E-32	2.97093E-36	0.00000E+00
A(2)		7.10580E-26	-5.86680E-30	3.49595E-34	-6.83825E-39	0.00000E+00

それにより像野が形成されることを特徴とする縮小光学系。

【請求項3】

ほぼ以下の第3表に記載の構造データに基づく構造からなり、

【表7】

第3表				
部材番号	曲率半径(前面)mm	曲率半径(背面)mm	厚さmm	ガラス
10	∞	∞	71.0257	
212	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			5.9995	
214	∞	-1637.5100 CX	17.8788	シリカ
空間			4.5575	
216	-1237.3096 CC	A(1)	19.5803	シリカ
空間			7.4171	
218	364.2097 CX	-674.5230 CX	25.6054	シリカ
空間			25.3077	
220	-185.3015 CC	-283.9553 CX	30.8746	シリカ
空間			1.5004	
222	332.0965 CX	-480.2185 CX	42.1200	シリカ
224	∞		-64.0738	リフレクタ
226	-197.3304 CX	-362.9388 CC	-30.0000	シリカ
空間			-38.3129	
228	A(2)	303.6930 CX	-30.2428	シリカ
空間			-2.0000	
230	-686.9764 CX	-140.3749 CC	-19.1575	シリカ
空間			-25.2130	
231	∞	∞	-91.0000	シリカ
232	∞			リフレクタ
231	∞	∞	91.0000	シリカ
空間			1.7156	
234	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			23.4104	
236		A(3)	-23.4104	リフレクタ
234	∞	∞	-6.0000	シリカ
空間			-1.7156	
231	∞	∞	-91.0000	シリカ
231	∞	∞	-68.0000	シリカ
空間			-1.7156	
238	∞	∞	-4.4503	シリカ
空間			-0.5000	
240	-294.3870 CX	285.2516 CX	-22.3559	CaF ₂
空間			-0.5000	
242	-90.0227 CX	-143.4682 CC	-15.3841	CaF ₂
空間			-0.5000	
244	-86.3937 CX	A(4)	-16.8094	CaF ₂
空間			-4.2386	
246	-91.3982 CX	A(5)	-35.1077	CaF ₂
空間			-1.2404	

10

20

30

【表8】

248	-193.8008 CX	-584.4706 CC	-5.2755	CaF ₂
空間			-1.0000	
249	∞	∞	-0.9000	シリカ
像距離 =			-2.3000	
50	∞			

40

かつ非球面定数 A (1), A (2), A (3), A (4) 及び A (5) が以下の方程式及び第3A表に基づき設けられており、

【数3】

$$z = \frac{(curv)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(curv)^2)y^2}^{1/2} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

50

【表9】

非球面	曲率	K	第3 A表			
			A	B	C	D
A(1)	0.00383949	0.000000	-5.74812E-09	1.78952E-13	3.56502E-18	-4.29928E-22
A(2)	0.00408685	0.000000	3.46415E-09	-2.46236E-13	2.98339E-21	3.46678E-21
A(3)	-0.00290152	0.000000	1.61839E-09	1.11129E-13	5.08685E-18	-5.96371E-23
A(4)	-0.01476551	0.000000	6.79788E-08	2.28037E-11	4.76211E-15	2.35042E-18
A(5)	-0.00407592	0.000000	-1.85475E-07	-5.95105E-11	2.46369E-14	-3.41676E-17
		E	F	G	H	J
A(1)		1.07476E-25	-7.13558E-30	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(2)		-1.14780E-24	1.97684E-28	-1.74440E-32	5.27538E-37	0.00000E+00
A(3)		5.45877E-23	-5.30479E-30	3.27535E-34	-5.74203E-39	0.00000E+00
A(4)		-3.36512E-22	2.71804E-25	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(5)		2.68515E-25	1.36619E-30	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

それにより像野が形成されることを特徴とする縮小光学系。

【請求項4】

ほぼ以下の第1表に記載の構造データに基づく構造からなり、

【表 10】

第 4 表				
部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞	∞	71.0257	
312 空 間	∞	∞	6.0000 5.9971	CaF ₂
314 空 間	∞	-1637.5100 CX	17.8788 6.8555	CaF ₂
316 空 間	-601.0743 CC	337.2385 CC	19.3530 39.1414	CaF ₂
318 空 間	372.9672 CX	-444.4615 CX	35.0514 17.5760	CaF ₂
320 空 間	-238.7418 CC	-374.7892 CX	33.5080 1.5026	CaF ₂
322 空 間	271.2372 CX	-2141.5952	41.9745 85.7471	CaF ₂
324	∞	∞	-64.0738	リフレクタ
326 空 間	-218.7966 CX	-378.3046 CC	-30.0000 -41.2869	CaF ₂
328 空 間	A(1)	331.4015 CX	-30.2428 -2.0021	CaF ₂
330 空 間	-473.0920 CX	-138.9426 CC	-15.0066 -25.4542	CaF ₂
331	∞	∞	-91.9338	CaF ₂
332	∞	∞	91.9338	リフレクタ
331 空 間	∞	∞	1.7156	CaF ₂
334 空 間	∞	∞	6.0000	CaF ₂
326	A(2)	∞	-23.2891	リフレクタ
334 空 間	∞	∞	-6.0000 -1.7156	CaF ₂
331 空 間	∞	∞	-91.9336 -68.0000	CaF ₂
331 空 間	∞	∞	-1.7156 -4.4503	CaF ₂
328 空 間	∞	∞	-0.5000 -21.8077	CaF ₂
340 空 間	-379.1353 CX	304.9678 CX	-0.5000 -17.3319	CaF ₂
342 空 間	-94.2814 CX	-162.6972 CC	-1.0800	CaF ₂
344 空 間	-115.8596 CX	-73.3964 CC	-20.5225 -3.8075	CaF ₂
346 空 間	-92.2350 CX	-218.2297 CC	-42.4471 -1.1466	CaF ₂
348 空 間	-155.2317 CX	-656.3405 CC	-5.2755 -1.0000	CaF ₂
349	∞	∞	-0.9000	CaF ₂
	像距離 =			
50	∞	∞	-2.3000	

かつ非球面定数 A (1) 及び A (2) が以下の方程式及び第 4 A 表に基づき設けられています。

【数 4】

$$Z = \frac{(curv)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(curv)^2)y^2}^{1/2} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

10

20

30

40

【表 1 1】

第4 A表						
非球面	曲率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00475685	0.000000	8.25386E-09	-1.36412E-13	-4.41072E-17	2.29567E-20
A(2)	-0.00272498	0.000000	1.82601E-09	9.56998E-14	6.16098E-18	-4.25832E-22
		E	F	G	H	J
A(1)		-6.72654E-24	1.13058E-27	-1.00992E-31	3.72128E-36	0.00000E+00
A(2)		8.51395E-26	-7.80032E-30	4.75429E-34	-1.14164E-38	0.00000E+00

それにより像野が形成されることを特徴とする縮小光学系。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

10

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般に半導体製造装置において使用される投影光学系、及び特に短波長で使用される高い開口数を有する反射屈折投影光学系に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体製造においては、ホトリソグラフィー技術がしばしば使用される。これらのホトリソグラフィー技術は、レチクルの像をウェーハ又は感光性基板に投影することを必要とする。レチクルの像をウェーハ又は感光性基板に投影するためには、しばしば比較的複雑な投影光学系が使用される。極めて小さい特徴を極めて小さい収差で正確に結像することができるよう、レチクルの極めて高い品質の像を提供する投影光学系が要求される。投影光学系は、しばしば縮小された像において生じる1未満の倍率を要求する。しばしば、最良の結像品質を有する像質を有する像野の小さい部分のみが利用される。しかしながら、処理量を強化しつつ半導体デバイスの生産を増大するためにはできるだけ大きな像野を提供することが望まれる。高い処理量と組み合わせた減少した特徴寸法に対する強大な要求に伴い、新たなかつ改良された投影光学系が絶えず必要とされる。半導体製造工業により要求される常に縮小される特徴寸法のために、高い開口数を有しつつ一層短い波長で操作するように設計された投影光学系が必要とされる。慣用の光学的設計は、半導体の製造の要求を満足することができない。例えば、先行技術の光学系は、ウイルアムソン (Williamson) 対して1990年9月4日に公告された発明の名称「縮小光学系 (Optical Reduction System)」の米国特許第4,953,960号明細書に開示されている。この明細書には、248ナノメータの波長領域で作動しつつ0.45の開口数を有する縮小光学系が開示されている。別の光学系は、シン他 (Singh et al.) に1992年2月18日に公告された名称「高解像力縮小反射屈折リレーレンズ」の米国特許第5,089,913号明細書に開示されており、これは引用することにより本願発明に組み込まれる。該明細書には、248ナノメータに制限されたスペクトル波長を有しつつ0.6の開口数を有する光学系が開示されている。別の投影光学系は、ウイルアムソンに対して1996年7月16日に公告された名称「高い開口数を有する反射屈折縮小光学系 (Catadioptric Optical Reduction System With High Numerical Aperture)」の米国特許第5,537,260号明細書に開示されており、これも引用により本願発明に組み込まれる。該明細書には、360~193ナノメータの波長範囲で作動する異なった実施例を有する0.7の開口数を有する投影光学系が開示されている。前記光学系は十分に作動したが、慣用の系の特徴寸法よりも実質的に小さい特徴寸法を再生するために半導体製造で使用される投影光学系に対する必要性が存在する。

20

【0 0 0 3】

30

【発明が解決しようとする課題】

従って、本発明の目的は、慣用の投影光学系よりも高い開口数を有する投影光学系を提供することである。

【0 0 0 4】

40

本発明のもう1つの目的は、投影光学系のレンズ部材を減少させることである。

【0 0 0 5】

50

なお、本発明のもう1つの目的は、偏光した照明によって惹起されるレチクル回折における非対称を阻止することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明は、性能を改善しかレンズ部材の数を減少させる多重の非球面を使用する反射屈折光学投影系からなる。ウェーハ又は感光性表面に最も近いレンズ群においてフッ化カルシウムレンズ部材が使用されている。レチクルの後方であって、ビームスプリッタの前方に少なくとも1つの非球面を有するレンズ群の前に、ゼロ次の1/4波長板が配置されている。ビームスプリッタに隣接しかレンズ群に対して垂直な表面に隣接して非球面が配置されている。ビームスプリッタに隣接し非球面凹面鏡の反対側に、フッ化カルシウムからなるレンズ部材の大部分を有しかレチクルをウェーハ又は感光性基板に結像する別のレンズ群が配置されている。0.75の比較的高い開口数が得られ、かつ1実施例においては157ナノメータの波長が使用される。

【0007】

本発明の利点は、減少された収差が生じることである。

【0008】

本発明のもう1つの利点は、縮小された特徴寸法を結像することができるることである。

【0009】

本発明のなおもう1つの利点は、レチクルを通過する円偏光した電磁放射線を使用することである。

10

【0010】

本発明の特徴は、ウェーハの近くのレンズ群においてレンズ材料としてフッ化カルシウムを使用することである。

【0011】

本発明のもう1つの特徴は、多重の非球面レンズ部材を使用することである。

【0012】

本発明のなおもう1つの特徴は、レチクルの後方にゼロ次の1/4波長板を配置することである。

20

【0013】

これらの及びその他の目的、利点、及び特徴は、以下の記載を見れば容易に明らかになるであろう。

30

【0014】

【実施例】

図1は、本発明の第1実施例を示す。レチクル10は、物体位置に配置され、かつ、ウェーハ又は感光性表面もしくは基板50は像位置に配置されている。レチクル10と、ウェーハ又は感光性基板50は、1未満の倍率又はほぼ4~1の縮小比を提供する。図1に示された実施例は、40ピコメータのフル-ワイドス-ハーフ-マキシマム(full-width-half maximum: FWHM)のスペクトルバンド幅にわたり248ナノメータ波長の電磁放射線を使用する、0.75の開口数、ウェーハもしくは感光性基板50で26×5mmの視野を有する。レチクル10に、第1の1/4波長板12が引き続いている。1/4波長板12は、有利にはゼロ次の1/4波長板である。このゼロ次の1/4波長板12は、円偏光した光を使用してレチクルを通過させ、レチクル特徴及び光偏光ベクトルの相対的配向から生じる回折非対称を回避することを可能にする。1/4波長板12には、平凸レンズ14が続いている。平凸レンズ14には、両凹レンズ16が続いている。レンズ16には、両凸レンズ18、メニスカスレンズ20、及び両凸レンズ22が続いている。この第1レンズ群に、偏向鏡24が続いている。偏向鏡24に、メニスカスレンズ26が続いている。メニスカスレンズ26に、非球面レンズ28が続いている。非球面レンズ28は、球面凹面及び非球面凸面を有する。非球面レンズ28に、球面凹面及び非球面凸面が続いている。非球面レンズ28に、両凹レンズ30が続いている。このレンズ群に引き続きかつ偏向鏡24の後方に、ビームスプリッタ31が配置されている。ビームスプリッタ31は、

40

50

部分反射面 3 2 を有する。ビームスプリッタ 3 1 の一方に面に隣接して 1 / 4 波長板 3 4 が配置され、それに非球面凹面鏡 3 6 が引き続いている。1 / 4 波長板 3 4 は、有利にはゼロ次の 1 / 4 波長板である。ビームスプリッタ 3 1 の反対側の表面に隣接して、もう 1 つの 1 / 4 波長板 3 8 が配置され、それに両凸レンズ 4 0、及びメニスカスレンズ 4 2 が続いている。1 / 4 波長板 3 8 は、有利にはまたゼロ次の 1 / 4 波長板である。レンズ 4 0 及びレンズ 4 2 は、フッ化カルシウムからなる。レンズ 4 2 には、シリカからなるメニスカスレンズ 4 4 が続いている。メニスカスレンズ 4 4 には、メニスカスレンズ 4 6 及びメニスカスレンズ 4 8 が引き続いている。レンズ 4 6 及び 4 8 は、フッ化カルシウムからなる。レンズ 4 8 には、プレート 4 9 が続いている。ビームスプリッタ 3 1 とウェーハもしくは感光性基板 5 0 の間の第 3 レンズ群は、レンズ 4 4、1 / 4 波長板 3 8 及びプレート 4 9 を除き、フッ化カルシウムからなる。この実施例は、ビームスプリッタ 3 1 の後方のこのレンズ群内のレンズ部材の大部分においてフッ化カルシウムを使用する。
10 248 ナノメータの波長で操作するために設計されたこの実施例は、予め決められた距離のレチクル 1 0 とウェーハもしくは感光性基板 5 0 の間の距離を有するパッケージにおいて高い開口数を提供するという利点を有する。この予め決められた共役距離は、この実施例を予め決められた同じ距離を有する先行技術の設計の光学系のための代用品として使用する際に有利である。

【 0 0 1 5 】

有利な構成において、図 1 に示された光学系は、以下の第 1 表及び第 1 A 表の構造データに基づき製造することができる。
20

【 0 0 1 6 】

【表 1 2 】

第 1 表

部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞		71.0257	
12	∞	∞	6.0000	シリカ
空 間			6.0000	
14	∞	-1637.5100 CX	17.8788	シリカ
空 間			7.6907	
16	-507.9899 CC	425.0110 CC	23.6604	シリカ
空 間			23.6491	
18	482.8744 CX	-334.9535 CX	32.3037	シリカ
空 間			12.0839	
20	-210.1022 CC	-342.7380 CX	35.5779	シリカ
空 間			1.5001	
22	254.8364 CX	-1377.8565 CX	38.5079	シリカ
空 間			83.5499	
24	∞		-64.0738	リフレクタ

【 0 0 1 7 】

【表 1 3 】

10

20

30

40

26	-200.6185 CX	-294.6182 CC	-30.0000	シリカ
空 間			-33.6639	
28	A(1)	207.0105 CX	-30.2428	シリカ
空 間			-1.9989	
30	2223.6648 CC	-166.4311 CC	-27.4282	シリカ
空 間			-21.5924	
31	∞	∞	-91.0000	シリカ
32	∞	∞		リフレクタ
31	∞	∞	91.0000	シリカ
空 間			1.7156	
34	∞	∞	6.000	シリカ
空 間			23.3211	
36	A(2)		-23.3211	リフレクタ
34	∞	∞	-6.000	シリカ
空 間			-1.7156	
31	∞	∞	-91.0000	シリカ
31	∞	∞	-68.0000	シリカ
空 間			-1.7156	
38	∞	∞	-4.4503	シリカ
空 間			-0.5000	
40	-627.6194 CX	211.4176 CX	-21.5127	CaF ₂
空 間			-0.5000	
42	-87.2228 CX	-200.3029 CC	-19.1435	CaF ₂
空 間			-0.5000	
44	-91.9856 CX	-59.4578 CC	-27.1671	シリカ
空 間			-2.9551	
46	-73.3403 CX	-160.4650 CC	-21.3988	CaF ₂
空 間			-1.4194	
48	-126.8033 CX	-368.0257 CC	-5.2755	CaF ₂
空 間			-1.0000	
49	∞	∞	-0.9000	シリカ
		像距離 =	-2.3000	
50	∞	∞		

10

20

30

【 0 0 1 8 】

非球面定数は、以下の方程式及び第1 A表に基づき提供される：

【 0 0 1 9 】

【 数 5 】

$$Z = \frac{(curv)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(curv)^2 y^2)^{1/2}} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

40

【 0 0 2 0 】

【 表 1 4 】

第1 A表						
非球面	曲 率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00497390	0.000000	2.35640E-08	-7.81654E-14	-4.40789E-17	2.12263E-20
A(2)	-0.00289239	0.000000	2.36370E-09	1.65324E-13	7.69607E-18	9.96953E-23
	E	F	G	H	I	J
A(1)	-6.05312E-24	9.94327E-28	-8.75026E-28	3.18657E-36	0.00000E+00	
A(2)	4.61249E-26	-3.24220E-30	2.06573E-34	-4.86011E-40	0.00000E+00	

50

【0021】

図2は、25ピコメータのフル-ワイドス-ハーフ-マキシマムのスペクトルバンド幅にわたり193ナノメータ波長の電磁放射線を使用する、0.75の開口数、ウェーハでの $26 \times 5\text{ mm}$ の視野を有する投影光学系の第2実施例を示す。レチクル10に、ゼロ次の $1/4$ 波長板112、平凸レンズ114、両凹レンズ116、メニスカスレンズ118、メニスカスレンズ120及び両凸レンズ122が続いている。この第レンズ群の後方に、偏向鏡124が配置されている。偏向鏡124に、メニスカスレンズ126、非球面レンズ128及びメニスカスレンズ130が続いている。非球面レンズ128は、球面凹面及び非球面凸面を有する。このレンズ群に引き続き、偏向鏡124の後方に、ビームスプリッタ131が配置されている。ビームスプリッタ131は、部分反射面132を有する。ビームスプリッタ131の一方の表面に隣接して、第2の $1/4$ 波長板134が配置されている。第2の $1/4$ 波長板134は、有利にはゼロ次の $1/4$ 波長板である。第2のビームスプリッタ131には、非球面凹面鏡136が引き続いている。ビームスプリッタ131の反対側の面に隣接して、第3の $1/4$ 波長板138が配置されている。この第3の $1/4$ 波長板も、有利にはゼロ次の $1/4$ 波長板である。第3の $1/4$ 波長板138には、両凸レンズ140、メニスカスレンズ142、メニスカスレンズ146、メニスカスレンズ148、及びプレート149が引き続いている。レンズ140, 142, 144, 146及び148はフッ化カルシウムからなる。プレート149に隣接して、像位置にウェーハ50が配置される。この実施例においては、第2の $1/4$ 波長板138とプレート149の間にフッ化カルシウムレンズ又は部材を使用することは、コンパクション及び放射線により誘導される屈折率の変化を著しく小さくする。このレンズ群は、比較的小さいビーム寸法及び高いフラックス密度に基づきコンパクションに一部影響されやすい。この実施例は、2つの非球面を利用する。非球面の使用は、レンズ部材の数が減少されている点で有利である。10
20

【0022】

有利な構成において、図2に示された光学系は、以下の第2表及び第2A表の構造データに基づき製造することができる。

【0023】**【表15】**

第 2 表

部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞		71.0257	
112	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			6.0014	
114	∞	-1637.5100 CX	17.8788	シリカ
空間			9.1702	
116	-433.0968 CC	2598.0412 CC	29.3027	シリカ
空間			28.9382	
118	-5578.3482 CC	-382.9273 CX	29.8579	シリカ
空間			16.6017	
120	-189.0676 CC	-239.8621 CX	18.0000	シリカ
空間			1.5014	
122	259.603 CX	-2163.768 CX	37.8249	シリカ
空間			86.0743	
124	∞		-64.0738	リフレクタ
126	-200.8102 CX	-363.2248 CC	-28.2406	シリカ
空間			-48.5160	
128	A(1)	215.5519 CX	-30.2428	シリカ
空間			-2.0011	
130	-718.0642 CX	-142.9228 CC	-12.1060	シリカ
空間			-23.8197	
131	∞	∞	-91.0000	シリカ
132	∞			リフレクタ
131	∞	∞	91.0000	シリカ
空間			1.7156	
134	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			25.1737	
136	A(2)		-25.1737	リフレクタ
134	∞	∞	-6.0000	シリカ
空間			-1.7156	

【0024】

30

【表16】

131	∞	∞	-91.0000	シリカ
131	∞	∞	-68.0000	シリカ
空間			-1.7156	
138	∞	∞	-4.4503	シリカ
空間			-0.5000	
140	-366.1837 CX	259.6264 CX	-22.6130	CaF ₂
空間			-0.5000	
142	-85.8999 CX	-176.3075 CC	-19.0232	CaF ₂
空間			-0.5000	
144	-86.4495 CX	-64.6738 CC	-15.3239	CaF ₂
空間			-5.5180	
146	-100.7188 CX	-180.9651 CC	-31.1363	CaF ₂
空間			-1.2329	
148	-138.0675 CX	-502.9595 CC	-5.2755	CaF ₂
空間			-1.0000	
149	∞	∞	-0.9000	シリカ
	像距離 =		-2.3000	
50	∞			

【0025】

非球面定数は、以下の方程式及び第2A表に基づき提供される：

50

【0026】

【数6】

$$z = \frac{(curv)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(curv)^2 y^2)^{1/2}} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

【0027】

【表17】

10

第2 A表						
非球面	曲率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00576125	0.000000	3.60293E-09	-4.18487E-13	-4.80164E-17	1.86225E-20
A(2)	-0.00288476	0.000000	1.74269E-09	1.17255E-13	6.94898E-18	-2.48358E-22
		E	F	G	H	J
A(1)		-5.22691E-24	8.72143E-28	-7.89947E-32	2.97093E-36	0.00000E+00
A(2)		7.10580E-26	-5.86680E-30	3.49595E-34	-6.83625E-39	0.00000E+00

【0028】

図3は、本発明の第3実施例を示す。この実施例は、0.75の開口数、ウェーハでの²⁰ $2.6 \times 5\text{ mm}$ の視野を有し、かつ25ピコメータのフル-ワイドス-ハーフ-マキシマムのスペクトルバンド幅にわたり193ナノメータ波長の電磁放射線で使用するために設計されている。この第3実施例は、収差を減少させるために5つの非球面を有する。レチクル10に隣接し又は引き続き、1/4波長板212が配置されている。1/4波長板212に、平凸レンズ214、及び非球面レンズ216が続いている。非球面レンズ216は、凹面及び非球面を有する。非球面レンズ216に引き続き、両凸レンズ218、メニスカスレンズ220及び両凸レンズ222が配置されている。この第1レンズ群に偏光鏡224が引き続いている。偏光鏡224に引き続き、メニスカスレンズ226及び非球面レンズ228が存在する。非球面レンズ228は非球面凹面及び非球面凸面を有する。非球面レンズ228に、メニスカスレンズ230が引き続いている。偏光鏡224の後方のこのレンズ群に、ビームスプリッタ231が引き続いている。ビームスプリッタ231は、部分反射性面232を有する。ビームスプリッタ231に1つの側面に隣接して、第2の1/4波長板234が存在する。第2の1/4波長板234に引き続き非球面凹面鏡236が存在する。ビームスプリッタ231の反対側の面に隣接して、第3の1/4波長板238が存在し、それに両凸レンズ240、メニスカスレンズ242、非球面レンズ244が引き続いている。非球面レンズ244は、非球面凹面を有する。非球面レンズ244に引き続き、非球面レンズ246が存在する。非球面レンズ246は、メニスカスレンズ248に隣接して配置されている。レンズ240, 242, 244, 及び246及び248は、フッ化カルシウムからなる。レンズ248に隣接して、プレート249が存在する。プレート249に引き続いた像面に、ウェーハ50が配置される。この実施例、第3実施例では、5つの非球面が使用されている。その第1の非球面はレチクル10と偏光鏡224の間のレンズ群内の非球面レンズ216、第2は偏光鏡224とビームスプリッタ231の間のレンズ群内にある非球面レンズ228にある。第3の非球面は、凹面鏡236に配置されている。第4の非球面は非球面レンズ244に配置され、第5の非球面はレンズ246に配置されており、それらの両者はビームスプリッタ231とウェーハもしくは感光性基板50の間のレンズ群内にある。この本発明の第3実施例における5つの非球面の使用は、収差を著しく減少させる。⁴⁰

【0029】

有利な構成においては、図3に示された光学系は、以下の第3表及び3Aの構造データに基づき製造することができる：

【0030】

30

40

50

【表 1 8】

第 3 表				
部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞		71.0257	
212	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			5.9995	
214	∞	-1637.5100 CX	17.8788	シリカ
空間			4.5575	
216	-1237.3096 CC	A(1)	19.5803	シリカ
空間			7.4171	
218	364.2097 CX	-674.5230 CX	25.6054	シリカ
空間			25.3077	
220	-185.3015 CC	-283.9553 CX	30.8746	シリカ
空間			1.5004	
222	332.0965 CX	-480.2185 CX	42.1200	シリカ
224	∞		-64.0738	リフレクタ
226	-197.3304 CX	-362.9388 CC	-30.0000	シリカ
空間			-38.3129	
228	A(2)	303.6930 CX	-30.2428	シリカ
空間			-2.0000	
230	-686.9764 CX	-140.3749 CC	-19.1575	シリカ
空間			-25.2130	
231	∞	∞	-91.0000	シリカ
232	∞			リフレクタ
231	∞	∞	91.0000	シリカ
空間			1.7156	
234	∞	∞	6.0000	シリカ
空間			23.4104	
236	A(3)		-23.4104	リフレクタ
234	∞	∞	-6.0000	シリカ
空間			-1.7156	
231	∞	∞	-91.0000	シリカ
231	∞	∞	-68.0000	シリカ
空間			-1.7156	
238	∞	∞	-4.4503	シリカ
空間			-0.5000	
240	-294.3870 CX	285.2516 CX	-22.3559	CaF ₂
空間			-0.5000	
242	-90.0227 CX	-143.4682 CC	-15.3841	CaF ₂
空間			-0.5000	
244	-86.3937 CX	A(4)	-16.8094	CaF ₂
空間			-4.2386	
246	-91.3982 CX	A(5)	-35.1077	CaF ₂
空間			-1.2404	

10

20

30

40

【0031】

【表 1 9】

248	-193.8008 CX	-584.4706 CC	-5.2755	CaF ₂
空間			-1.0000	
249	∞	∞	-0.9000	シリカ
	像距離 =			-2.3000
50	∞			

【0032】

非球面定数は、以下の方程式及び第3 A表に基づき与えられる：

50

【0033】

【数7】

$$z = \frac{(curv)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(curv)^2 y^2)^{1/2}} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

【0034】

【表20】

10

第3 A表						
非球面	曲率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00383949	0.000000	-5.74812E-09	1.78952E-13	3.56502E-18	-4.29928E-22
A(2)	0.00408685	0.000000	3.46415E-09	-2.46236E-13	2.98339E-21	3.46678E-21
A(3)	-0.00290152	0.000000	1.61839E-09	1.11129E-13	5.08685E-18	-5.96371E-23
A(4)	-0.01476551	0.000000	6.79788E-08	2.28037E-11	4.76211E-15	2.35042E-18
A(5)	-0.00407592	0.000000	-1.85475E-07	-5.95105E-11	2.46369E-14	-3.41676E-17
		E	F	G	H	J
A(1)		1.07476E-25	-7.13558E-30	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(2)		-1.14760E-24	1.97684E-28	-1.74440E-32	6.27538E-37	0.00000E+00
A(3)		5.45877E-23	-5.30479E-30	3.27535E-34	-5.74203E-39	0.00000E+00
A(4)		-3.36512E-22	2.71804E-25	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00
A(5)		2.68515E-25	1.36619E-30	0.00000E+00	0.00000E+00	0.00000E+00

20

【0035】

第4表は、図2及び図3に示された本発明の実施例のための像高さの関数として波面収差を示す。波形もしくは線52は、2つの非球面を有する図2に示された実施例のための像高さの関数としての収差を示す。波形もしくは破線54は、図3に示された5つの非球面を有する実施例の像高さの関数としての波面収差を示す。図4によって容易に認識することができるよう、波面収差は5つの非球面を有する実施例においては著しく減少される。

【0036】

30

図5は、0.75の開口数、ウェーハで $2.6 \times 5\text{ mm}$ の視野を有し、かつ1.5ピコメタのフル-ワイドス-ハーフ-マキシマムのスペクトルバンド幅にわたり157ナノメータ波長の電磁放射線で使用するために設計されている本発明び第4実施例を示す。この実施例は2つの非球面を使用しあつ全体がフッ化カルシウムから形成されている。レチクル10に引き続いて、1/4波長板312、平凸レンズ314、両凹レンズ316、両凸レンズ318、メニスカスレンズ320、及び両凸面レンズ322が存在する。このレンズ群に、偏光鏡324が引き続いている。偏光鏡324に引き続き、メニスカスレンズ326、非球面レンズ328、及びメニスカスレンズ330が存在する。非球面レンズ328は、非球面凹面を有する。偏光鏡324の後方のこのレンズ群に引き続き、ビームスプリッタ331が存在する。ビームスプリッタ331は、部分反射面332を有する。ビームスプリッタ331の一方の面に隣接して、第2の1/4波長板334が存在する。該第2の1/4波長板に引き続き、非球面凹面鏡336が存在する。ビームスプリッタ331の、第2の1/4波長板334の反対側の面に隣接して第3の1/4波長板338が配置されている。該1/4波長板338に引き続き、両凸面レンズ340、メニスカスレンズ342、メニスカスレンズ344、メニスカスレンズ346及びメニスカスレンズ348が存在する。メニスカスレンズ348に隣接して、プレート349が配置されている。フレート349は、ウェーハもしくは感光性基板50が配置された像面に隣接している。

40

【0037】

図5に示された、光学系の有利な構成は、以下の第4表及び第4A表の構造データに基づき製造することができる：

50

【0038】

【表21】

第4表

部材番号	曲率半径(前面) mm	曲率半径(背面) mm	厚さ mm	ガラス
10	∞		71.0257	
312	∞	∞	6.0000	CaF ₂
空間			5.9971	
314	∞	-1637.5100 CX	17.8788	CaF ₂
空間			6.8555	
316	-601.0743 CC	337.2385 CC	19.3530	CaF ₂
空間			39.1414	
318	372.9672 CX	-444.4615 CX	35.0514	CaF ₂
空間			17.5760	
320	-238.7418 CC	-374.7892 CX	33.5080	CaF ₂
空間			1.5026	
322	271.2372 CX	-2141.5952	41.9745	CaF ₂
空間			85.7471	
324	∞		-64.0738	リフレクタ
326	-218.7966 CX	-378.3046 CC	-30.0000	CaF ₂
空間			-41.2869	
328	A(1)	331.4015 CX	-30.2428	CaF ₂
空間			-2.0021	
330	-473.0920 CX	-138.9426 CC	-15.0066	CaF ₂
空間			-25.4542	
331	∞	∞	-91.9338	CaF ₂
332	∞	∞	リフレクタ	
331	∞	∞	91.9338	CaF ₂
空間			1.7156	
334	∞	∞	6.0000	CaF ₂
空間			23.9891	
326	A(2)		-23.2891	リフレクタ
334	∞	∞	-6.0000	CaF ₂
空間			-1.7156	
331	∞	∞	-91.9336	CaF ₂
331	∞	∞	-68.0000	CaF ₂
空間			-1.7156	
328	∞	∞	-4.4503	CaF ₂
空間			-0.5000	
340	-379.1353 CX	304.9678 CX	-21.8077	CaF ₂
空間			-0.5000	
342	-94.2814 CX	-162.6972 CC	-17.3319	CaF ₂
空間			-1.0800	
344	-115.8596 CX	-73.3964 CC	-20.5225	CaF ₂
空間			-3.8075	
346	-92.2350 CX	-218.2297 CC	-42.4471	CaF ₂
空間			-1.1466	
348	-155.2317 CX	-656.3405 CC	-5.2755	CaF ₂
空間			-1.0000	
349	∞	∞	-0.9000	CaF ₂
	像距離 =		-2.3000	
50	∞			

10

20

30

40

【0039】

非球面定数は、以下の方程式及び第4A表に基づき与えられる：

【0040】

【数8】

$$z = \frac{(curv)y^2}{1 + (1 - (1 + K)(curv)^2 y^2)^{1/2}} + (A)y^4 + (B)y^6 + (C)y^8 + (D)y^{10} + (E)y^{12} \\ + (F)y^{14} + (G)y^{16} + (H)y^{18} + (J)y^{20}$$

【0041】

【表22】

第4A表						
非球面	曲率	K	A	B	C	D
A(1)	0.00475685	0.000000	8.25386E-09	-1.36412E-13	-4.41072E-17	2.29567E-20
A(2)	-0.00272498	0.000000	1.82601E-09	9.56998E-14	6.16098E-18	-4.25832E-22
		E	F	G	H	J
A(1)		-6.72654E-24	1.13058E-27	-1.00992E-31	3.72128E-36	0.00000E+00
A(2)		8.51395E-26	-7.80032E-30	4.75429E-34	-1.14164E-38	0.00000E+00

【0042】

従って、本発明の実施例の全ては、レチクル10の長い共役端部からウェーハもしくは感光性基板50の短い共役端部に向かって、レチクル10に引き続く1/4波長板、及び1/4波長板と第1の偏光鏡の間の第1レンズ群、及び偏光鏡とビームスプリッタの間の第2レンズ群を提供する。それぞれの実施例において、偏光鏡24, 124, 224, 及び324の前方のレンズ群は第1レンズ群と見なすことができ、かつ偏光鏡24, 124, 224, 及び324とビームスプリッタ31, 131, 231, 及び331の間のレンズ群は第2レンズ群と見なすことができる。選択的に、この第1及び第2レンズ群は、単レンズ群と見なすことができる。ビームスプリッタ上の部分反射面は、電磁放射線を第2の1/4波長板そして非球面レンズ凹面鏡に反射し、該非球面レンズ凹面鏡は電磁放射線を反対向きにビームスプリッタを通過させかつ部分反射面を通過させて第3の1/4波長板に向けてかつ第3レンズ群を通過させて感光性基板もしくはウェーハ50に反射する。実施例の全てはレチクルに続く1/4波長板を備えかつ偏光鏡とビームスプリッタキューブの間に非球面を有するレンズを有し、かつビームスプリッタキューブと感光性基板の間にレンズ部材を有し、それらの大部分はフッ化カルシウムから形成されている。従って、本発明は、157ナノメータ程度の波長で十分に形成する改良された像特徴を有する比較的高い開口数を有する投影光学系を提供する。従って、本発明は光学技術を進歩させかつ半導体デバイスの製造を著しく容易にする。

【0043】

有利な実施例を示しかつ説明してきたが、当業者にとって本発明の思想及び範囲から逸脱することなく様々な変更を行うことは認識されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】248ナノメータの波長の電磁放射線で使用するために設計された本発明の1実施例の略示図である。

【図2】193ナノメータの波長の電磁放射線で使用するために設計されかつ2つの非球面を有する本発明の第2実施例の略示図である。

【図3】193ナノメータの波長の電磁放射線で使用するために設計されかつ5つの非球面を有する本発明の第3実施例の略示図である。

【図4】図2に示された実施例と図3に示された実施例の像高さの関数として波面収差を比較するグラフである。

【図5】193ナノメータの波長の電磁放射線で使用するために設計されかつフッ化カルシウム材料を使用した本発明の第4実施例の略示図である。

【符号の説明】

10 レチクル、 50 ウェーハもしくは感光性基板、 12 第1の1/4波長板、
14 平凸レンズ、 16 レンズ、 18, 22, 40 両凸レンズ、 20, 26
, 42, 44, 46, 48 メニスカスレンズ、 24 偏光鏡、 28 非球面レンズ

10

20

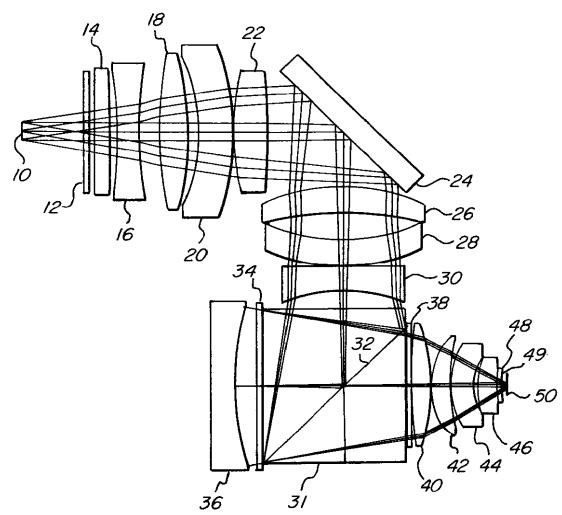
30

40

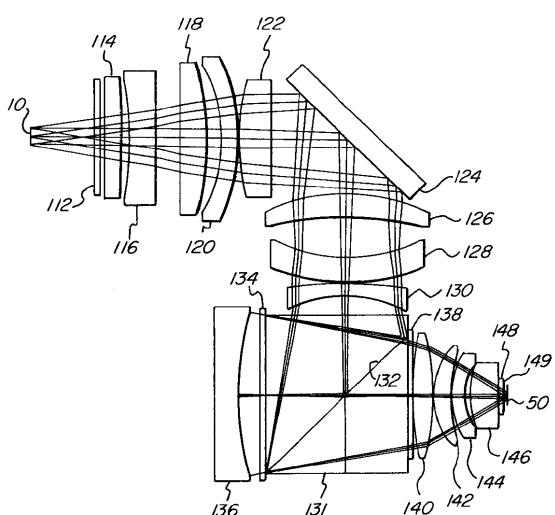
50

、 30 両凹レンズ、 31 ビームスプリッタ、 32 部分反射面、 34, 38
 1/4 波長板、 36 非球面凹面鏡、
 49 プレート

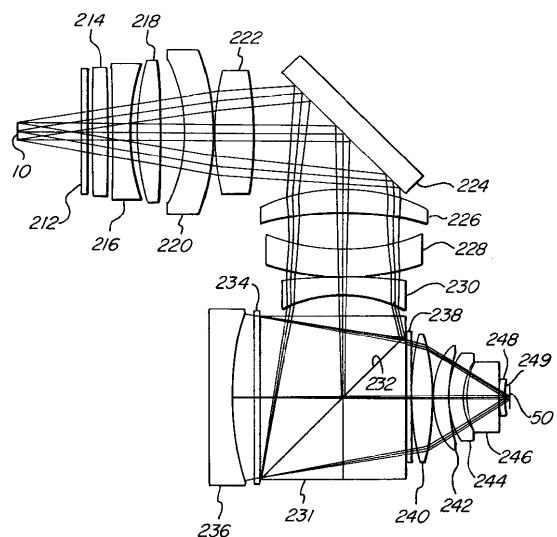
【図1】



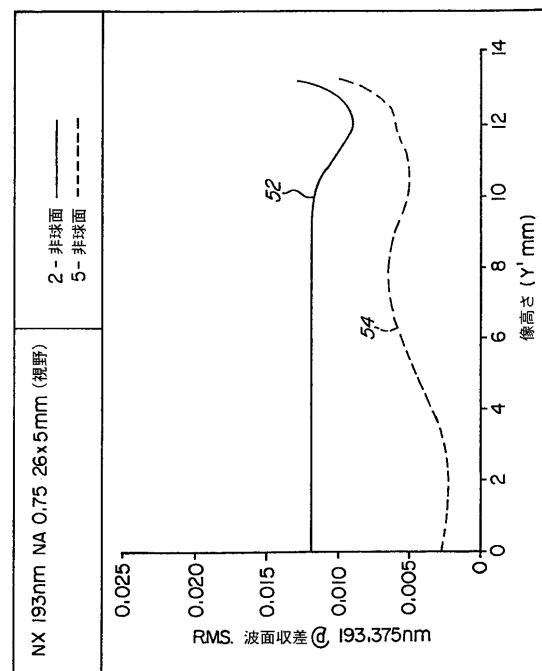
【図2】



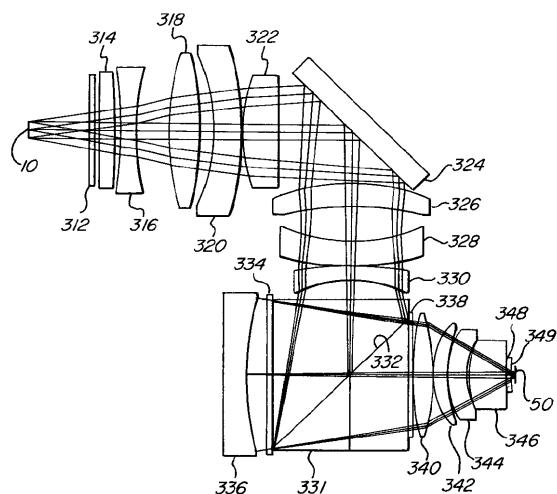
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

審査官 濑川 勝久

(56)参考文献 特開2000-133588(JP,A)
特開2000-031015(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02B 17/00-17/08