

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-519433

(P2008-519433A)

(43) 公表日 平成20年6月5日 (2008. 6. 5)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 515D	2H087
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 521	5F046
G02B 17/08 (2006.01)	H01L 21/30 517	
	G02B 17/08 Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 22 頁)

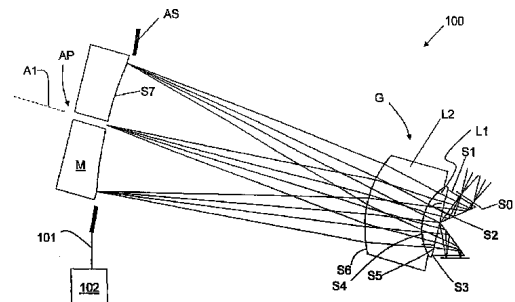
(21) 出願番号	特願2007-539114 (P2007-539114)	(71) 出願人	502400304
(86) (22) 出願日	平成17年10月27日 (2005. 10. 27)		ウルトラテック インク
(85) 翻訳文提出日	平成19年6月21日 (2007. 6. 21)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
(86) 国際出願番号	PCT/US2005/038777		134 サンノゼ 3050 ザンカーロ
(87) 国際公開番号	W02006/050029		ード
(87) 国際公開日	平成18年5月11日 (2006. 5. 11)	(74) 代理人	100090387
(31) 優先権主張番号	10/980, 110		弁理士 布施 行夫
(32) 優先日	平成16年11月1日 (2004. 11. 1)	(74) 代理人	100090398
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 大淵 美千栄
		(72) 発明者	ロメオ アイ メルカード
			アメリカ合衆国 94555 カリフォル
			ニア州 フレモント マウンテンドライブ
			2977
		Fターム (参考)	2H087 TA01 TA02 TA06

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アポクロマート等倍投影光学系

(57) 【要約】

投影フォトリソグラフィに適した投影光学系を開示する。投影光学系は、狭いスペクトル範囲及び広いスペクトル範囲の両方で大きなフィールドに結像することができる変形ウィン - ダイソン系である。投影光学系は、凹面ミラーに隣接すると共にミラーから間隔を空けてミラー軸に沿ってミラーの凹面側に配置された正のレンズ群を含む。また、投影光学系は可変開口絞りを含み、光学系は可変NAを有する。投影光学系は、紫外線露光バンド内に2以上の共通焦点を有し、可視アライメントバンド内に第3の共通焦点を有する。また、上記投影光学系を採用した投影フォトリソグラフィ装置も開示する。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

投影光学系であって、光軸に沿って、
凹球面ミラーと、
前記ミラーに位置すると共に前記光軸の中心に配置され、前記投影光学系の開口数（ NA ）を決定する開口絞りと、
前記ミラーに隣接すると共に前記ミラーから間隔を空けて配置された正の屈折力を有する正のレンズ群と、
第 1 及び第 2 の平面をそれぞれ有する第 1 及び第 2 のプリズムと、
を含み、
前記第 2 の平面が前記光軸の両側で前記正のレンズに隣接して配置され、前記第 1 の平面が対物面及び像面にそれぞれ隣接して配置され、
前記投影光学系が等倍率を有し、2 以上の紫外線波長に 2 以上の共通焦点を有すると共に可視波長に別の共通焦点を有する投影光学系。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、3 つの紫外線波長に 3 つの共通焦点を有する投影光学系。

【請求項 3】

請求項 1 において、4 つの紫外線波長に 4 つの共通焦点を有する投影光学系。

【請求項 4】

請求項 1 において、前記紫外線波長が g , h , i 波長を含む露光バンド内にある投影光学系。

20

【請求項 5】

請求項 2 において、前記可視波長が $500\text{ nm} \sim 700\text{ nm}$ の可視アライメントバンド内にある投影光学系。

【請求項 6】

請求項 1 において、前記正のレンズ群が、前記ミラーに向かって順に正のレンズと負のレンズとからなる投影光学系。

【請求項 7】

請求項 6 において、前記正のレンズが前記ミラーに面する凸面を有する平凸レンズであり、前記負のレンズが前記ミラーに面する凸面を有するメニスカスレンズである投影光学系。

30

【請求項 8】

請求項 7 において、前記平凸レンズエレメントが融解石英、石英ガラス、ガラス種 458678 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 9】

請求項 7 において、前記負のメニスカスレンズエレメントがガラス種 548458 及び 532490 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 10】

請求項 1 において、前記正のレンズ群が、前記ミラーに向かって順に、正のレンズと第 1 及び第 2 の負のメニスカスレンズとからなる投影光学系。

40

【請求項 11】

請求項 10 において、前記第 1 及び第 2 の負のメニスカスレンズがエアスペースによって分離されている投影光学系。

【請求項 12】

請求項 1 において、前記ミラーが非球面を有する投影光学系。

【請求項 13】

請求項 1 において、前記第 1 及び第 2 のプリズムが、603606 , 557587 , 589613 , 540597 を含むガラス種から選択されるガラス種でそれぞれ形成されている投影光学系。

【請求項 14】

50

請求項 1 において、0.16 ~ 0.4 の開口数を有する投影光学系。

【請求項 15】

請求項 1 において、可変開口数を有する投影光学系。

【請求項 16】

請求項 7 において、0.20 ~ 0.40 の開口数を有する投影光学系。

【請求項 17】

請求項 1 において、前記正のレンズ群が、前記ミラーに向かって順に、前記ミラーに面する凸面を有する平凸レンズと、前記ミラーに面する凸面を有する負のメニスカスレンズと、前記ミラーに面する凸面を有する正のメニスカスレンズと、からなる投影光学系。

【請求項 18】

請求項 17 において、前記露光バンドが g, h, i 波長を含む投影光学系。

【請求項 19】

請求項 17 において、前記ミラーが非球面を有する投影光学系。

【請求項 20】

請求項 17 において、前記主レンズ群において隣接面が接触している投影光学系。

【請求項 21】

請求項 17 において、前記第 1 及び第 2 のプリズムがガラス種 5 5 7 5 8 7 で形成されている投影光学系。

【請求項 22】

請求項 17 において、前記平凸レンズが融解石英、石英ガラス、ガラス種 4 5 8 6 7 8 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 23】

請求項 17 において、前記負のメニスカスレンズエレメントがガラス種 5 4 8 4 5 8 で形成されている投影光学系。

【請求項 24】

請求項 23 において、前記正のメニスカスレンズエレメントがガラス種 5 6 7 4 2 8 で形成されている投影光学系。

【請求項 25】

請求項 17 において、0.2 ~ 0.4 の開口数を有する投影光学系。

【請求項 26】

請求項 1 において、前記正のレンズ群が、前記ミラーに向かって順に、前記ミラーに面する凸面を有する平凸レンズと、前記ミラーに面する凸面を有する第 1 の負のメニスカスレンズと、前記ミラーに面する凸面を有する第 2 の負のメニスカスレンズと、からなる投影光学系。

【請求項 27】

請求項 26 において、前記ミラーが非球面を有する投影光学系。

【請求項 28】

請求項 26 において、前記レンズ群において隣接面が接触している投影光学系。

【請求項 29】

請求項 26 において、前記第 1 及び第 2 のプリズムが 6 0 3 6 0 6, 5 5 7 5 8 7, 5 8 9 6 1 3, 5 4 0 5 9 7 を含むガラス種群から選択されるガラス種でそれぞれ形成されている投影光学系。

【請求項 30】

請求項 26 において、前記平凸レンズエレメントが融解石英、石英ガラス、ガラス種 4 5 8 6 7 8、ガラス種 4 6 4 6 5 8 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 31】

請求項 30 において、前記第 1 の負のメニスカスレンズエレメントがガラス種 5 3 2 4 9 0 及びガラス種 5 4 8 4 5 8 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 32】

請求項 31 において、前記第 2 の負のメニスカスレンズエレメントがガラス種 5 8 1 0

10

20

30

40

50

8 及びガラス種 5 8 1 0 9 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 3 3】

請求項 2 6 において、0.16 ~ 0.40 の開口数を有する投影光学系。

【請求項 3 4】

請求項 1 において、前記正のレンズ群が、前記ミラーに向かって順に、前記ミラーに面する凸面を有する平凸レンズと、前記ミラーに面する凸面を有する第 1 の負のメニスカスレンズと、前記ミラーに面する凸面を有し、前記第 1 の負のメニスカスレンズから間隔を空けて設けられた第 2 の負のメニスカスレンズと、からなる投影光学系。

【請求項 3 5】

請求項 3 4 において、少なくとも 1 つのレンズエレメントが非球面を有する投影光学系 10。

【請求項 3 6】

請求項 3 4 において、前記ミラーが非球面を有する投影光学系。

【請求項 3 7】

請求項 3 4 において、前記レンズ群の一对の隣接面が接触している投影光学系。

【請求項 3 8】

請求項 3 4 において、前記第 1 及び第 2 のプリズムがガラス種 5 8 9 6 1 3 で形成されている投影光学系。

【請求項 3 9】

請求項 3 4 において、前記平凸レンズエレメントが融解石英、石英ガラス、ガラス種 4 5 8 6 7 8、ガラス種 4 6 4 6 5 8 のいずれかで形成されている投影光学系。 20

【請求項 4 0】

請求項 3 4 において、前記第 1 の負のメニスカスエレメントがガラス種 5 4 8 4 5 8 で形成されている投影光学系。

【請求項 4 1】

請求項 3 4 において、前記第 2 の負のメニスカスレンズがガラス種 5 8 1 0 8 及び 5 8 1 0 9 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 4 2】

請求項 3 4 において、0.2 ~ 0.4 の開口数を有する投影光学系。

【請求項 4 3】

請求項 2 6 において、前記露光バンド内に少なくとも 4 つの共通焦点を有する投影光学系 30。

【請求項 4 4】

請求項 4 3 において、可視波長に第 5 の共通焦点を有する投影光学系。

【請求項 4 5】

請求項 4 3 において、少なくとも 1 つのレンズエレメントが非球面を有する投影光学系。

【請求項 4 6】

請求項 4 3 において、前記ミラーが非球面を有する投影光学系。

【請求項 4 7】

請求項 4 3 において、前記レンズ群の一对の隣接面が接触している投影光学系。 40

【請求項 4 8】

請求項 4 3 において、前記第 1 及び第 2 のプリズムがガラス種 6 0 3 6 0 6 で形成されている投影光学系。

【請求項 4 9】

請求項 4 3 において、前記平凸レンズが融解石英、石英ガラス、ガラス種 4 5 8 6 7 8 のいずれかで形成されている投影光学系。

【請求項 5 0】

請求項 4 3 において、前記第 1 及び第 2 の負のメニスカスエレメントの一方が 5 4 8 4 5 8, 5 3 2 4 9 0, 5 8 1 4 0 8, 5 6 7 4 2 8 を含むガラス種群から選択されるガラ 50

ス種で形成されている投影光学系。

【請求項 5 1】

請求項 4 3 において、0.16 ~ 0.18 の開口数と、少なくとも 61.5 mm × 61.5 mm の正方形の露光フィールドサイズ及び少なくとも 50 mm × 100 mm の矩形の露光フィールドサイズの 1 つと、を有する投影光学系。

【請求項 5 2】

請求項 4 3 において、前記ミラーの半径の約 0.067 倍のフィールド半径を有する露光フィールドを有する投影光学系。

【請求項 5 3】

請求項 1 に記載の投影光学系と、
対物面でマスクを支持することができるマスクステージと、
g 線、h 線、i 線の波長の少なくとも 1 つで前記マスクを照明する照明系と、
像面でウェハを可動的に支持することができるウェハステージと、
を含む投影リソグラフィ装置。

10

【請求項 5 4】

請求項 5 3 において、0.16 ~ 0.18 の開口数と、少なくとも 61.5 mm × 61.5 mm の正方形の露光フィールドサイズ及び少なくとも 50 mm × 100 mm の矩形の露光フィールドサイズの 1 つと、を有する投影光学系。

【請求項 5 5】

請求項 5 3 において、前記ミラーの半径の約 0.067 倍のフィールド半径を有する露光フィールドを有する投影光学系。

20

【請求項 5 6】

請求項 1 7 に記載の投影光学系と、対物面でマスクを支持することができるマスクステージと、g 線、h 線、i 線の波長の少なくとも 1 つで前記マスクを照明する照明系と、像面でウェハを可動的に支持することができるウェハステージと、を含む投影リソグラフィ装置。

【請求項 5 7】

請求項 5 6 において、0.16 ~ 0.18 の開口数と、少なくとも 61.5 mm × 61.5 mm の正方形の露光フィールドサイズ及び少なくとも 50 mm × 100 mm の矩形の露光フィールドサイズの 1 つと、を有する投影光学系。

30

【請求項 5 8】

請求項 5 6 において、前記ミラーの半径の約 0.067 倍のフィールド半径を有する露光フィールドを有する投影光学系。

【請求項 5 9】

請求項 2 6 に記載の投影光学系と、
対物面でマスクを支持することができるマスクステージと、
g 線、h 線、i 線の波長の少なくとも 1 つで前記マスクを照明する照明系と、
像面でウェハを可動的に支持することができるウェハステージと、
を含む投影リソグラフィ装置。

【請求項 6 0】

請求項 5 9 において、0.16 ~ 0.18 の開口数と、少なくとも 61.5 mm × 61.5 mm の正方形の露光フィールドサイズ及び少なくとも 50 mm × 100 mm の矩形の露光フィールドサイズの 1 つと、を有する投影光学系。

40

【請求項 6 1】

請求項 5 9 において、前記ミラーの半径の約 0.067 倍のフィールド半径を有する露光フィールドを有する投影光学系。

【請求項 6 2】

請求項 3 4 に記載の投影光学系と、
対物面でマスクを支持することができるマスクステージと、
g 線、h 線、i 線の波長の少なくとも 1 つで前記マスクを照明する照明系と、

50

像面でウェハを可動的に支持することができるウェハステージと、
を含む投影リソグラフィ装置。

【請求項 6 3】

請求項 6 2 において、0.16 ~ 0.18 の開口数と、少なくとも 61.5 mm × 61.5 mm の正方形の露光フィールドサイズ及び少なくとも 50 mm × 100 mm の矩形の露光フィールドサイズの 1 つと、を有する投影光学系。

【請求項 6 4】

請求項 6 2 において、前記ミラーの半径の約 0.067 倍のフィールド半径を有する露光フィールドを有する投影光学系。

【請求項 6 5】

請求項 4 3 に記載の投影光学系と、
対物面でマスクを支持することができるマスクステージと、
g 線、h 線、i 線の波長の少なくとも 1 つで前記マスクを照明する照明系と、
像面でウェハを可動的に支持することができるウェハステージと、
を含む投影リソグラフィ装置。

【請求項 6 6】

請求項 6 5 において、0.16 ~ 0.18 の開口数と、少なくとも 61.5 mm × 61.5 mm の正方形の露光フィールドサイズ及び少なくとも 50 mm × 100 mm の矩形の露光フィールドサイズの 1 つと、を有する投影光学系。

【請求項 6 7】

請求項 6 5 において、前記ミラーの半径の約 0.067 倍のフィールド半径を有する露光フィールドを有する投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は投影光学系に関し、特にフォトリソグラフィ用途のためのアポクロマート大フィールド等倍投影光学系 (apochromatic large-field unit-magnification projection optical system) に関する。

【背景技術】

【0002】

フォトリソグラフィは、サブミクロンの解像度の集積回路 (IC) の製造だけではなく、最新のウエハレベル IC パッケージング、半導体、微小電気機械システム (MEMS)、ナノテクノロジー (ナノスケール構造とデバイスの形成)、その他の用途にも盛んに採用されてきている。これらの用途では、解像度が比較的 low (数ミクロン)、焦点深度が大きい場合から解像度が比較的高く、スループットが高い場合までをカバーする複数の結像能力が必要となる。

【0003】

「発明の詳細な説明」で後述する本発明は、1983 年 7 月 5 日にロナルド S. ハーシェルに付与され、ゼネラルシグナル社に譲渡された米国特許第 4,391,494 号 (以下、「494 特許」という) に開示されている投影光学系に関連し、その改良である。米国特許第 4,391,494 号の開示内容は、この参照によって本願の開示内容に組み込まれるものとする。

【0004】

図 1 は、494 特許に係る従来例の投影光学系 8 の断面図である。図 1 に示す 494 特許に開示された投影光学系は、等倍・カタディオプトリック・アポクロマート・アナスタグマチック投影光学系であり、反射・屈折エレメントを相補的に使用して大きなフィールドサイズと高い開口数 (NA) を達成している。この系はミラーに位置する開口絞りに対して基本的に対称的であり、コマ、歪み、横収差などのオッドオーダー (odd order) 収差を解消している。全ての球面はほぼ同心であり、曲率中心は系が折り曲げられな

10

20

30

40

50

い場合に焦点面が位置する位置の近傍に位置する。従って、得られる系はレンズ内の空気の屈折率に実質的に依存せず、圧力補償が不要となる。

【 0 0 0 5 】

光学系 8 は、凹球面ミラー 1 0 と、ミラーに位置する開口絞り A S 1 と、複合アクロマート平凸ダブレットレンズプリズムアセンブリ 1 2 と、を含む。ミラー 1 0 とアセンブリ 1 2 は、光軸 1 4 を中心として対称的に配置されている。光学系 8 はミラー 1 0 に位置する開口絞り A S 1 に対して実質的に対称的であり、コマ、歪み、横収差が当初から補正されている。光学系 8 の全ての球面はほぼ同心である。

【 0 0 0 6 】

光学系 8 において、ダブレットプリズムアセンブリ 1 2 は、メニスカスレンズ 1 3 A と、平凸レンズ 1 3 B と、対称的なフォールドプリズム 1 5 A , 1 5 B と、を含む。アセンブリ 1 2 は、ミラー 1 0 と共に、軸色、非点収差、ペッツヴァル (p e t z v a l) 収差、球面収差を含むその他の光学収差を補正する。対称的なフォールドプリズム 1 5 A , 1 5 B は、レチクル 1 6 とウェハ 1 8 の移動のための十分な作動空間を得るために使用される。

【 0 0 0 7 】

また、光学系 8 は対物面 O P 1 と像面 I P 1 とを含み、対物面 O P 1 と像面 I P 1 はフォールドプリズム 1 5 A , 1 5 B を介して分離されている。このように作動空間を確保することによって、利用できるフィールドサイズは潜在的なフィールド全体の約 2 5 ~ 3 5 % に減少する。従来は、最新の回路に必要とされるフィールドサイズと解像度を得ることが可能であったためにフィールドサイズの減少は問題とならなかった。

【 0 0 0 8 】

4 9 4 特許では、ダブレットプリズムアセンブリは、g - h バンドの軸色、非点収差、ペッツヴァル収差、球面収差を含むその他の光学収差を補正する。しかし、4 9 4 特許では、フィールドが大きく、スペクトルバンドが広い用途 (5 0 mm x 1 0 0 mm、g , h , i スペクトル線) であって、開口数が 0 . 1 5 N A 0 . 2 0 の場合に非常に高品質の像を形成することができない。また、4 9 4 特許の教示は、開口数が 0 . 2 N A 0 . 4 0 であって、広い露光バンドでフィールド半径が 3 8 mm を超える場合に高品質の像を形成する等倍投影光学系は提供していない。また、4 9 4 特許は、上述した広い露光バンド及びフォトリソグラフィ装置においてマスクとウェハを位置合わせするために望ましい可視波長での無色化 (a c h r o m a t i z a t i o n) は提供していない。

【 0 0 0 9 】

「発明の詳細な説明」で後述する本発明は、1 9 7 9 年 1 0 月 2 3 日にディル (D i l l) らに付与され、I B M 社に譲渡された米国特許第 4 , 1 7 1 , 8 7 1 号 (以下、「8 7 1 特許」という) に開示されている投影光学系にも関連し、その改良でもある。米国特許第 4 , 1 7 1 , 8 7 1 号の開示内容は、この参照によって本願の開示内容に組み込まれるものとする。

【 0 0 1 0 】

8 7 1 特許の投影光学系は広いスペクトルバンドにおいて無色であり、合計で 5 種類のガラスをジオプトリックパワーを有するレンズエレメントとして利用している。8 7 1 特許の投影光学系は、第 1 のレンズ群のための 3 種類のガラスと、第 2 のレンズ群のための 2 種類のガラスと、ミラーとを含む。第 2 のレンズ群とミラーの組み合わせは、光学設計分野で「マンジャンミラー (M a n g i n m i r r o r) 」として知られている部材を構成する。8 7 1 特許の投影光学系は、露光装置が再焦点合わせを行うことなく近紫外波長で動作する場合には、投影系が広いスペクトルバンドにおいて 2 つの共通焦点を生じさせるため、可視スペクトルの緑部分に調節することができる。これは、水銀スペクトルの g , h , i 線を含む広い紫外 (U V) 露光スペクトルバンドの 2 以上の波長での無色化及びフォトリソグラフィ装置が感度を有さない別の可視波長での無色化をもたらす後述する本発明と対照をなすものである。

【特許文献 1】米国特許第 4 , 3 9 1 , 4 9 4 号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献2】米国特許第4,171,871号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

上述したフトリソグラフィ装置に対する現代のロバストな要件に対処するために、比較的低い解像度で大きなフィールドに結像することができる投影光学系及び比較的高い解像度で適度なサイズのフィールドに結像する系を提供することが望ましい。そのような投影光学系は、高い露光量を必要とする用途において高いスループットを達成するために水銀のg, h, iスペクトル線（それぞれ436nm, 405nm, 365nm）を含む広い露光波長バンドにおいて回折限界性能を有する露光を行うことができることが好ましい。

10

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、g, h, iスペクトルバンドにおいてアクロマート（無色）であるだけでなく、上記バンド及び可視領域の波長を含む広いバンドにおいてアポクロマート又はスーパーアポクロマートであるフトリソグラフィ用等倍投影光学系を含む。アポクロマートとはスペクトルバンドの3つの波長について色補正されていることを意味し、スーパーアポクロマートとは4以上の波長について色補正されていることを意味する。

【0013】

本発明は、g, h, i波長を含む紫外（UV）露光スペクトルバンド（以下、「露光バンド」という）の少なくとも2つの波長で色補正され、少なくとも1つの可視波長を含むアライメントスペクトルバンド（以下、「アライメントバンド」という）において色補正されたウィン-ダイソン型投影光学系を含む。アライメント及び露光バンドにおける共通焦点の発生は、投影系によってマスクとウェハを位置合わせするために使用される可視波長の再焦点合わせが必要ではないことを示している。

20

【0014】

本発明の別の特徴は、アポクロマート又はスーパーアポクロマートであるだけでなく、開口依存及びフィールド依存収差の色による変動が補正された広いバンドのリソグラフィ用途のための回折限界ウィン-ダイソン型投影光学系を提供することにある。また、本発明は、比較的広い露光バンドで回折限界性能を維持しながら、広範囲の開口及びフィールド半径にわたって光学パラメータを調節することができる低いNA及び適度に高いNAを有する系を提供する。従って、本発明の第1の態様は、投影光学系であって、光軸に沿って、凹球面ミラーと、ミラーに位置すると共に光軸の中心に配置され、投影光学系の開口数（NA）を決定する開口絞りを含む投影光学系である。光学系は、ミラーに隣接すると共にミラーから間隔を空けて配置された正の屈折力を有する正のレンズ群も含む。

30

【0015】

異なる実施形態において、正のレンズ群は、ミラーに向かって順に、a) 正のレンズと負のレンズ、b) 平凸レンズ、負のメニスカスレンズ、正のメニスカスレンズ、又はc) 平凸レンズと第1及び第2の負のメニスカスレンズを含む。光学系は、第1及び第2の平面をそれぞれ有する第1及び第2のプリズムも含み、第2の平面が光軸の両側で正のレンズに隣接して配置され、第1の平面が対物面及び像面に隣接して配置されている。投影光学系は等倍率を有し、2以上の紫外線波長に2以上の共通焦点を有すると共に可視波長に別の共通焦点を有する。

40

【0016】

本発明の第2の態様は、本発明の投影光学系を含むフトリソグラフィ装置である。

【0017】

図面に示す構成要素は例示のみを目的とするものであり、縮尺に必ずしも制限されるものではない。ある構成要素の縮尺を誇張し、その他の構成要素を最小化している場合もある。図面は、当業者が理解し、適切に実施することができる本発明の様々な実施態様を例示することを意図するものである。

50

【発明を実施するための最良の形態】**【0018】**

本発明は、レチクルに形成されたパターンの像を基板（ウェハ）に実質的に等倍で投影することができる大フィールド・広スペクトルバンド・色補正・アナスチグマチック投影光学系である。本発明の等倍投影光学系は、871特許と一実施形態を「背景技術」で簡単に説明すると共に図1に示した494特許に開示された従来技術の光学系の改良である。

【0019】

本明細書で使用する「露光フィールド」という用語は、ステップアンドリピート動作モードで使用する場合にフォトリソグラフィ装置が結像することができるフィールドサイズを意味する。また、「色補正」という用語は、異なる波長の光に対して共通の（一致する）焦点位置を有することを意味する。

【0020】

（全体設計の考察）

本発明は、露光バンドにおいてアクロマートであるだけでなく、露光バンド及び可視アライメントバンドを含む広いバンドにおいてアポクロマート又はスーパーアポクロマートである等倍投影光学系の設計を提供する。

【0021】

露光バンド及びアライメントバンドにおいて共通焦点が発生することにより、フォトリソグラフィ装置において再焦点合わせを行うことなくマスクとウェハを位置合わせすることができる。また、本発明は、広範囲の開口及びフィールド半径にわたって調節することができる光学パラメータを有するNAが低い系及びNAが適度に高い系のためのアポクロマート・スーパーアポクロマート設計を提供する。

【0022】

これは、露光バンドにおける回折限界性能を維持しながら達成される。広いバンドにおける色補正は、光学材料の適切な選択とジオプトリックレンズエレメントの倍率分布によって達成される。開口依存収差、フィールド依存収差、色による変動の補正は、適切な光学パラメータを選択して投影光学系の回折限界性能を最適化することによって達成される。

【0023】

以下に詳細に説明する本発明の投影光学系は、大きなフィールド及び広い露光バンドにわたって非常に優れた像質（例えば、0.96を超える多色ストレール比）を有する。

【0024】

スペクトルバンドの広い投影レンズ系を設計するための主な障害は、広い波長スペクトルにおける開口依存収差及びフィールド依存収差の色による変動である。開口依存収差は、球面収差、スフェロクロマティズム、軸上色収差を含む。フィールド依存収差は、コマ、非点収差、ペッツヴァル収差、像面湾曲、歪み、横収差を含む。

【0025】

ウィン・ダイソン光学系では、軸上色収差、スフェロクロマティズム（球面収差の色による変動）、非点収差、非点収差と像面湾曲の色による変動が、バンドが広い用途のための系において補正又は最小化すべき主な収差である。ウィン・ダイソン光学系はミラーエレメントに位置する開口絞りに対して基本的に完全に対称的であるため、コマ、歪み、横収差が良好に補正されている。

【0026】

494特許及び871特許では、レンズエレメントの光学ガラスを選択して目的とする用途のスペクトルバンドにおいて投影光学系を無色化している。494特許ではg-h露光バンドにおいて無色化しており、871特許では実質的にi線露光波長及び500nmのアライメント波長において無色化している。

【0027】

871特許では、ミラーの球面収差を補正すると共に第1のレンズ群の無色化を補完す

10

20

30

40

50

るために複合マンジャンミラーを使用している。494特許及び871特許の設計の実施形態は2つの波長において色補正を行っている。2つの波長における色補正のためにレンズ材料を選択する方法は光学文献において公知である。二波長色補正は、用途のスペクトルバンドにおいて高い内部透過率を有するガラス種から異なるアップ数を有するガラスを選択することによって通常は達成される。系のその他の収差はレンズ半径、厚み、ミラー半径を適切に選択することによって補正又は減少させ、回折限界性能を達成する。

【0028】

表1～表7に記載した本発明の設計の実施形態では、露光バンドとアライメントバンドの部分分散比が実質的に等しいか、非常に近い値となるようにレンズ材料を適切に選択することによって広いバンドにおける色補正を達成している。レンズ設計における無色化及び二次スペクトルの補正のために光学材料を選択する方法が知られているが、市販され、フォトリソグラフィレンズに適した g 、 h 、 i 線に対する非常に高い内部透過率を有するガラスは限られているために上述したアプローチを使用した。これらのレンズエレメントとミラーのジオメトリック倍率分布を選択し、系に対する基本的な要件（例えば、NA、フィールドサイズ、レンズ系の長さ、動作距離等）を満たしながら、広いバンドにおける軸上色収差とベッツバル収差が補正された光学系設計の構成を確立した。

【0029】

構造的な光学パラメータ（すなわち、曲率半径、レンズの厚み、エアスペース、面形状）は計算機援用設計（CAD）を使用して選択し、投影光学系が露光バンド（ g 、 h 、 i 線）で回折限界となり、アライメントバンド（通常は可視スペクトルの緑から赤の領域）で色補正されるように開口依存収差及びフィールド依存収差とそれらの色による変動を最適に補正した。

【0030】

NAが0.20よりも高い実施形態では、球面収差を補正するためにミラーを非球面となるように設計し、スフェロクロマティズムを減少させるためにレンズパラメータを調整した。表5及び表6に示す実施形態のようにフィールドが大きく、NAが低い系では、レンズエレメントL3の凸面を非球面として非点収差補正とその色による変動を補完した。

【0031】

NA 0.2を必要とする用途では、開口依存収差の補正を向上させるために表5及び表6のミラーを非球面とし、非点収差とその色による変動の補正においてレンズエレメントL3の非球面凸面を補完して大フィールドにおける全体的な光学系の性能を最適化することもできる。

【0032】

（光学系の全体的な構成）

図2、図3、図4は、本発明の等倍投影光学系100の実施形態の断面図である。図2、図3、図4の投影光学系100は、光軸A1に沿って凹球面ミラーMを含む。一実施形態では、ミラーMは光軸上に開口APを含む。開口APは、例えば物体（マスクなど）の像をウェハ上の類似したパターンに位置合わせするなど、光学系100による直接結像以外の機能を行うために投影光学系から光を取り出すために使用することができる。

【0033】

一実施形態では、光学系100はミラーMに位置する固定又は可変開口絞りASをさらに含む。可変開口絞りASを使用する場合には、可変開口絞りASは調節可能なアイリス等の光学系における開口のサイズを変化させる公知の形態の1つを含むことができる。別の実施形態では、可変開口絞りASのサイズは手動で設定される。さらに別の実施形態では、可変開口絞りASは、開口絞りのサイズを自動的に設定することができるコントローラ102にライン101（ワイヤなど）を介して動作的に接続される。開口絞りASは、所望の露光フィールドサイズ及び収差補正のスペクトル範囲に応じて投影光学系のNA（本発明の実施形態では0.16～0.4の範囲）を定める。表に示す各実施形態では、可変又は固定開口絞りASのいずれかを使用することができる。NAが高い実施形態では、可変開口絞りASを通常は使用する。一方、NAの最小値については、NAの値を変化

10

20

30

40

50

させることができる範囲が広くない場合には、固定 A S を通常は使用する。要約すると、固定開口絞り A S 及び可変開口絞り A S のいずれを使用するかについては、必要な N A の値の範囲を考慮して用途に必要な N A の値に基づいて設計を選択する。

【 0 0 3 4 】

光学系 1 0 0 は、ミラーの凹面側において、ミラー M に隣接すると共にミラー M から間隔を空けて軸 A 1 に沿って配置された正の屈折力を有するフィールド補正レンズ群（例えば主レンズ群）G をさらに含む。

【 0 0 3 5 】

図 5 は、図 1 ～図 4 の等倍投影光学系 1 0 0 の一部の概略拡大図であり、主レンズ群 G と隣接するプリズム P A , P B を示している。図 5 に示すように、第 1 のプリズム P A が、主レンズ群 G に隣接し、ミラー M に対向して光軸 A 1 の一方の側に配置されている。プリズム P A は面 S 1 A , S 1 B を有する。プリズム P B は光軸 A 1 の反対側に対称的に位置し、面 S 2 A , S 2 B を有する。面 S 1 A は面 S 1 A と平行な対物面 O P 2 に面しており、面 S 1 B は面 S 1 B と平行な像面 I P 2 に面している。面 S 1 B , S 2 B は主レンズ群 G に面している。

【 0 0 3 6 】

対物面 O P 2 と像面 I P 2 は、作動距離を示すギャップ W D A , W D B によって平面 S 1 A , S 2 A から間隔を空けて配置されている。可変開口絞り A S 2 に対して完全な対称性を有する実施形態では、W D A = W D B である。ギャップ W D A , W D B は等しいため、表 1 ～ 7 ではこれらの距離を W D としている。

【 0 0 3 7 】

プリズム P A , P B は主レンズ群 G には含まれていないが、これらのプリズムは上述したように色収差補正を含む収差補正で役割を果たす。

【 0 0 3 8 】

図 2 ～図 4 を再び参照すると、一実施形態ではミラー M を非球面とし、フィールドが大きく、N A が高い用途の設計の性能を向上させる。本発明の系の全ての実施形態は、実質的に可変開口絞り A S に対する系の対称性を維持しており、コマ、歪み、横収差などのオッドオーダー収差を実質的に解消している。光学系 1 0 0 は、主レンズ群 G に同心レンズエレメントを含まないか、凹面ミラー M と同心のレンズ面を含まない。

【 0 0 3 9 】

（設計例）

光学系 1 0 0 の実施形態は、表 1 ～表 7 に記載し、図 2 ～図 4 の光学系の概略図と図 6 ～図 1 4 の焦点対波長プロットに示す設計から明らかである。

【 0 0 4 0 】

図 2 ～図 4 に示す光学系 1 0 0 は対称的であるため、表 1 ～表 7 に示す仕様は対物面 O P 2 から凹面ミラー M までの値のみを含む。表では、光は数字の順に面を通過するものとする。正の半径は曲率中心が面に入射した光の初期方向の反対側に位置することを示し、負の半径は曲率中心が面に入射した光と同じ側に位置することを示す。従って、入射光に対して凸面をなす屈折又は反射面は正の半径を有し、入射光線に対して凹面をなす面は負の曲率半径を有することになる。表に示す設計を図 2 , 図 3 , 図 4 に示す対応する設計例と比較することによって符号規約はさらに明らかになる。エレメントの厚み又はエレメント間の間隔は隣接する面への軸上の距離であり、全ての寸法はミリメートルで示している。また、例えば図 2 ～図 4 に示す「S」は面番号を表し、「T 又は S」は「厚み又は間隔」を表し、「S T O P」は「開口絞り A S」を表す。また、「C C」は「凹面」を表し、「C X」は「凸面」を表す。

【 0 0 4 1 】

また、「材料」の欄には、ガラス名と光学材料の呼称として国際的に受け入れられている 6 桁の数字を示している。例えば、5 1 6 6 4 3 は B K 7 ガラスを示し、B K 7 がヘリウム d 線に対して約 1 . 5 1 6 の屈折率 N_d を有し、d 線及び水素の C 線及び F 線に対して 6 4 . 3 のアッペ数を有することを示している。アッペ数 V_d は式 $V_d = (N_d - 1)$

10

20

30

40

50

/ ($N_F - N_C$) によって定義される (式中、 N_F 及び N_C は F 線及び C 線に対するガラスの屈折率値である)。

【 0 0 4 2 】

「面形状」の欄では、非球面を「ASP」と示し、平面を「FLT」と示し、球面を「SPH」と示している。

【 0 0 4 3 】

非球面を表す非球面式は以下のように与えられる。

【 0 0 4 4 】

【 数 1 】

$$Z = \frac{(CURV)Y^2}{1 + (1 - (1 + K)(CURV)^2 Y^2)^{1/2}} + (A)Y^4 + (B)Y^6 + (C)Y^8 + (D)Y^{10} + (E)Y^{12}$$

10

【 0 0 4 5 】

式中、「CURV」は面の球面曲率であり、Kは円錐定数であり、A, B, C, D, Eは非球面係数である。表において、「e」は指数表記(10の累乗)を示す。表1～表3に示す設計例は、レンズエレメントのジオプトリックパワー面(dioptropic powered surface)とミラーの曲率が球面である設計例である。表4A, 表4B, 表4C, 表7に示す設計例はミラーMとして非球面を含む。表5及び表6に示す設計例はレンズエレメントL3の凸面として非球面を含む。

【 0 0 4 6 】

20

(2つのエレメントからなる主レンズ群)

図2は本発明の投影光学系の断面図であり、主レンズ群Gは2つのエレメントからなる。特に、レンズ群Gは平凸エレメントL1と負のメニスカスエレメントL2を有する接合型ダブルレットを含む。表1及び表2は、0.20のNAと42mmのフィールド半径を有するアポクロマト設計の実施形態を示す。

【 0 0 4 7 】

図6は、表1に示すアポクロマト光学設計の実施形態の焦点の変動と波長のプロットである。図6のプロットは、焦点シフトがゼロであるプロットの波長軸との交点によって示される3つの波長における色補正を示している。これらの波長は約375nm、435nm、663nmである。ただし、これらの波長は公称焦点位置に応じて変動しうる。また、プロットは露光バンドにおける無色化を示し、露光バンドとアライメントバンドを含む広いバンドにおける第3の共通焦点の発生を示している。露光バンドにおける無色化は、プロットが波長軸と交差する2つの波長で発生し、2つの波長は実質的に露光バンド(365nm～436nm又はg, h, iスペクトル範囲)内にある。露光バンドの外の遠可視領域で発生する第3の交点近傍のスペクトル部分は、実質的にアライメント波長バンドとして使用される。

30

【 0 0 4 8 】

図7は、表2に示す光学設計の場合の図6と同様なプロットである。図6と同様に、図7のプロットは、露光バンドとアライメントバンドを含む広いバンドにおける3つの波長での色補正を示している。3つの波長は、焦点シフトがゼロであるプロットの波長軸との交点での波長である(355nm, 436nm, 650nm)。

40

【 0 0 4 9 】

(接合型トリプレットを有する主レンズ群)

図3は本発明の投影光学系の概略断面図であり、主レンズ群Gは3つのエレメントからなる。特に、レンズ群GはレンズエレメントL1, L2, L3を有する接合型トリプレットを含む。

【 0 0 5 0 】

図3の実施形態では、レンズエレメントL1, L2, L3のジオプトリック倍率分布には2つのケースがある。ケースIでは、L1は+(正のパワー)であり、L2は-(負のパワー)であり、L3は+(正のパワー)である。ケースIIでは、L1は+(正のパワ

50

ー)であり、 L_2 は- (負のパワー)であり、 L_3 は- (負のパワー)である。レンズエレメント L_1 はケースI, IIの両方において平凸面である。ケースIのアポクロマト設計の実施形態の光学仕様例を表3に示す。表4A, 表4B, 表4CにケースIIの構成を有するアポクロマト設計の実施形態を示す。なお、表4A, 表4B, 表4Cにおいて、面9は非球面として示しており、非球面定数 k, A, B, C, D を各表の面9の下に記載している。非球面定数は面のサグ Z を定義する上記式によって定義される。

【0051】

広い波長範囲に及ぶ光学設計のより厄介な収差の1つは軸色として知られ、軸色は波長による最良焦点位置の変動又は設計波長範囲における最良焦点位置の全変動である。図8~図11は、表3, 表4A, 表4B, 表4Cにそれぞれ示すアポクロマト光学設計の実施形態の場合の波長の関数としての最良焦点(画像)の変動のプロットである。これらの図は、露光及びアライメント波長バンドにおける波長の関数としての色補正、軸色又は焦点位置の制御を示している。完全な色補正、すなわち、公称焦点位置との完全な一致は各プロットが波長軸と交差する2つの波長で発生し、2つの波長は実質的に露光バンド(365nm~436nm又は g, h, i スペクトル範囲)内にある。露光バンドの外の遠可視領域で発生する第3の交点は、実質的にアライメント波長バンドとして使用される。プロットが波長軸と交差するこれらの3つの波長では、焦点シフトは同様にゼロとなり、これらの波長での軸上色収差がゼロであることを示している。設計波長バンドにわたって最良焦点の小さな変動を有する系を設計するプロセスは無色化として知られている。

【0052】

設計波長バンドにおいて最良焦点の小さな変動を有する光学設計は無色化されている。

【0053】

スーパーアポクロマト設計の実施形態は表5及び表6の設計例によって示され、これらの実施形態は図3に模式的に示す光学設計を有する。表5及び表6に示す実施形態は、それぞれ0.16と0.18のNAを有する大フィールド(80mmフィールド半径)系の場合である。これらの実施形態は、約61.5mm×61.5mmの正方形のフィールド及び少なくとも50mm×100mmの矩形の露光フィールドサイズを達成する。

【0054】

図12A及び図12Bは、表5に示すスーパーアポクロマト光学設計の実施形態における波長の関数としての焦点の変動を示すプロットである。図12Aは、露光バンドにおける4つの波長(391nm, 402nm, 408nm, 414nm)でのスーパーアポクロマト色補正を示している。図12Aは図12Bのプロットの露光バンド部分の拡大プロットであり、露光バンド(365nm~436nm又は g, h, i スペクトル範囲)内で生じる焦点シフトのプロットと波長軸との4つの交点を示している。図12Bのプロットに示す第5の交点は、露光バンドの外のアライメントが行われる可視領域の522nmで発生する。図12Bのプロットが波長軸と交差するこれらの5つの波長では、焦点シフトは同様にゼロとなり、これらの波長での軸上色収差がゼロであることを示している。

【0055】

図13は、表6に示す光学仕様を有するスーパーアポクロマト光学設計の実施形態における波長の関数としての焦点位置の変動のプロットである。このプロットは、露光バンドにおける5つの波長(380nm, 402nm, 416nm, 428nm, 435nm)でのスーパーアポクロマト色補正と、可視アライメントバンドにおける第6の波長(417nm)での色補正を示している。

【0056】

(空気分離型トリプレットを有する主レンズ群)

図4は本発明の投影光学系の実施形態の概略断面図であり、主レンズ群Gは3つのレンズエレメント L_1, L_2, L_3 からなり、エレメント L_2, L_3 の間にエアスペースが設けられている。

【0057】

表7に、図4に示す系構成を有するアポクロマト設計の実施形態の光学仕様を示す。

【 0 0 5 8 】

図 1 4 は、露光及びアライメントバンドを含む広いバンドにおける表 7 に示すアポクロマート設計の実施形態の波長の関数としての焦点の変動を示すプロットである。図 1 4 のプロットは 3 6 1 n m , 4 3 4 n m , 5 1 3 n m における 3 つの共通焦点を示し、焦点の 2 つは 3 6 5 n m ~ 4 3 6 n m の露光バンド内にあり、残りの焦点はアライメントバンド内にある。

【 0 0 5 9 】

フォトリソグラフィ装置

図 1 5 は、本発明の等倍投影光学系 1 0 0 を採用したフォトリソグラフィ装置 2 0 0 の概略図である。装置 2 0 0 は光軸 A 2 を有し、光軸に沿って、対物面 O P 2 でマスク 2 2 0 を支持するように構成されたマスクステージ 2 1 0 を含む。マスク 2 2 0 はマスク表面 2 2 6 に形成されたパターン 2 2 4 を有する。照明系 2 3 0 が光学系 1 0 0 の反対側においてマスクステージ 2 1 0 に隣接して配置され、マスク 2 2 0 を照明するように構成されている。

【 0 0 6 0 】

また、装置 2 0 0 は、像面 I P 2 でウェハ 2 4 6 を可動的に支持するように構成されたウェハステージ 2 4 0 を含む。一実施形態では、ウェハ 2 4 6 は、照明系からの放射線の 1 以上の波長によって活性化される感光層 2 5 0 で被覆されている。このような放射線は当業界では「化学線 (a c t i n i c r a d i a t i o n) 」と呼ばれている。一実施形態では、放射線の 1 以上の波長は水銀の g , h , i 線を含む。

【 0 0 6 1 】

図 1 5 に示すように、動作時には、照明系 2 3 0 はステージ 2 4 0 が静止した状態でマスク 2 2 0 を照明し、光学系 1 0 0 によってウェハ 2 4 6 にパターン 2 2 4 が結像され、フォトレジスト層 2 5 0 にパターンが形成される。その結果、ウェハの一部を占める露光フィールド E F が形成される。次に、ウェハステージ 2 4 0 は所与の増分 (例えば露光フィールド E F の大きさ) で所与の方向 (例えば x - 方向) にウェハ 2 4 6 を移動 (「ステップ」) させ、露光プロセスが繰り返される。このステップ - 露光プロセスは、所望の数の露光フィールド E F がウェハ 2 4 6 上に形成されるまで繰り返される (従って「ステップアンドリピート」と呼ばれる)。

【 0 0 6 2 】

次に、ウェハは (例えばウェハハンドリング装置 (図示せず) を使用して) 装置 2 0 0 から取り出され、処理 (例えば現像、ベーク、エッチング) され、各露光フィールド E F においてフォトレジストに形成されたパターンがウェハ上の表面に転写される。このフォトリソグラフィプロセスを異なるマスクを使用して繰り返すことによって、三次元構造がウェハに形成され、I C などの動作可能なデバイスが形成される。また、系 1 0 0 の N A を変化させることによって、異なるサイズ及び異なる解像度レベルを有する露光フィールド E F を所与のマスクに対応して設定することができ、リソグラフィプロセスの柔軟性が向上する。

【 0 0 6 3 】

本発明の投影光学系は標準的な光学的製造・試験技術を使用して製造することができる。開口数が適度に高い設計 (0 . 3 0 N A 0 . 4 0) は、適度な解像度の層及び「ミックスアンドマッチ」用途に好適である。N A = 0 . 4 の設計は、サブミクロンの高い解像度が望ましい場合に i 線による露光に好適である。露光バンドにおける無色化波長の焦点と一致する可視スペクトルにおける焦点の発生により、再焦点合わせを行うことなくマスクとウェハを位置合わせすることができる。

【 0 0 6 4 】

以上の詳細な説明では、各種特徴を容易に理解できるように各種実施形態に分類した。本発明の多くの特徴及び利点は詳細な明細書から明らかであり、添付の請求項によって本発明の精神と範囲に従う上述した装置の特徴と利点を全て網羅することを意図するものである。また、当業者は多くの変形や変更に容易に想到するものと考えられるため、本発明

10

20

30

40

50

を上述した構造や動作のみに限定することは望ましいものではない。従って、その他の実施形態も添付の請求項の範囲に含まれるものである。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】494特許に係る従来の等倍投影光学系の断面図である。

【図2】2つのエレメントからなる主レンズ群を有する本発明の等倍投影光学系の第1の実施形態の断面図である。

【図3】接合された3つのエレメントからなる主レンズ群を有する本発明の等倍投影光学系の第2の実施形態の断面図である。

【図4】空気分離された3つのエレメントからなる主レンズ群を有する本発明の等倍投影光学系の第3の実施形態の断面図である。

【図5】主レンズ群と、プリズムと、それぞれの対物面及び像面とを含む本発明の等倍投影光学系の一部の概略拡大図である。

【図6】表1及び図2に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図7】表2及び図2に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図8】表3及び図3に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図9】表4A及び図3に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図10】表4B及び図3に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図11】表4C及び図3に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図12A】表5の光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットであり、露光バンド内の4つの波長でのスーパーアクロマート色補正を示している。

【図12B】表5の光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットであり、露光及びアライメントバンドを含む広いバンドにおける5つの波長でのスーパーアクロマート色補正を示している。

【図13】表6の光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットであり、露光及びアライメントバンドを含む広いバンドにおける5つの波長でのスーパーアクロマート色補正及び6つの波長での色補正を示している。

【図14】表7及び図4に示す光学設計の波長の関数としての焦点の変動のプロットである。

【図15】本発明の等倍投影光学系を採用したフォトリソグラフィ装置の概略図である。

【符号の説明】

【0066】

A1 光軸、AS 可変開口絞り、AP 開口、G レンズ群、PA、PB プリズム、L1、L2、L3 レンズエレメント、M ミラー、100 投影光学系、101 ライン、102 コントローラー、200 フォトリソグラフィ装置

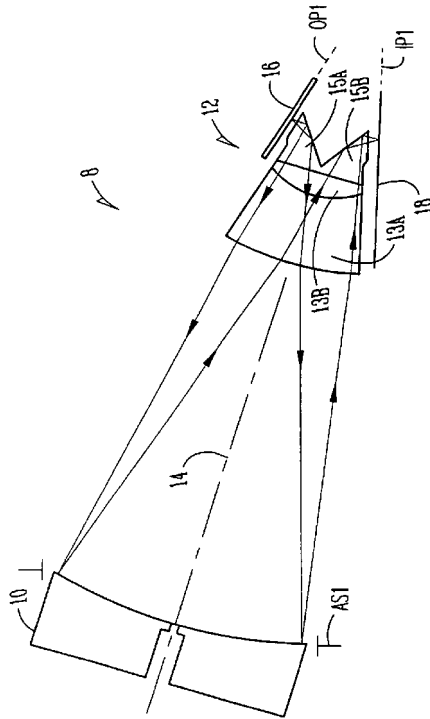
10

20

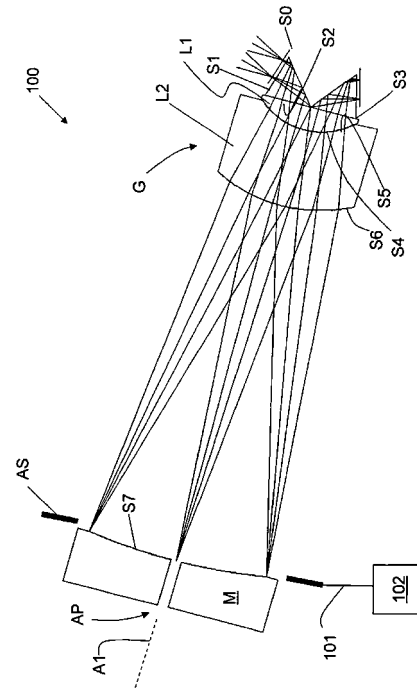
30

40

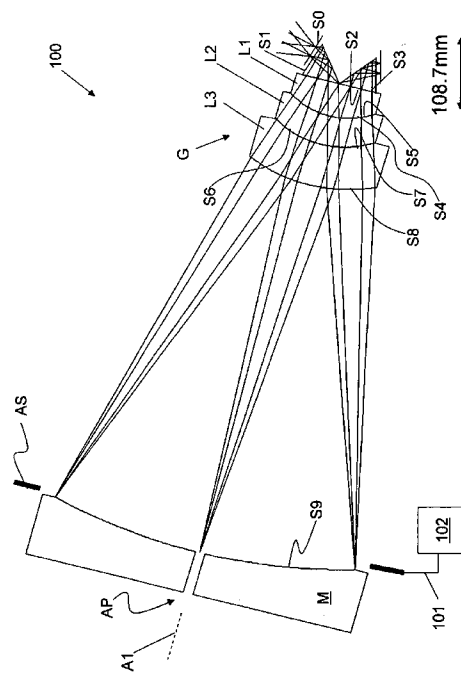
【図 1】



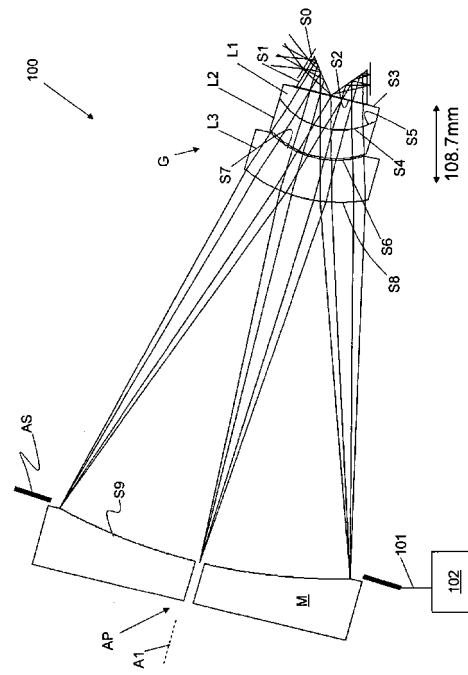
【図 2】



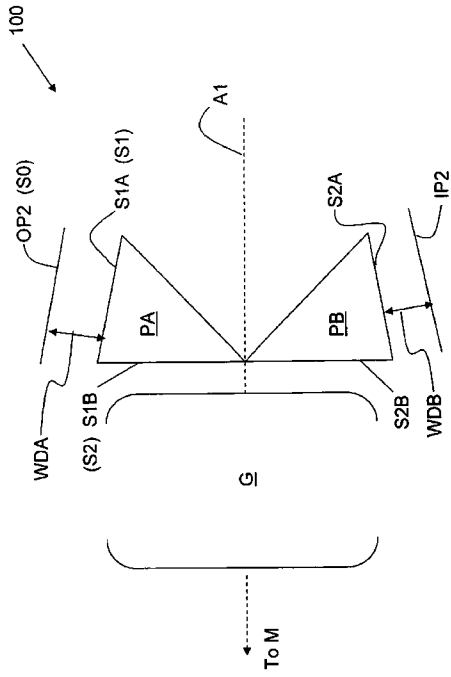
【図 3】



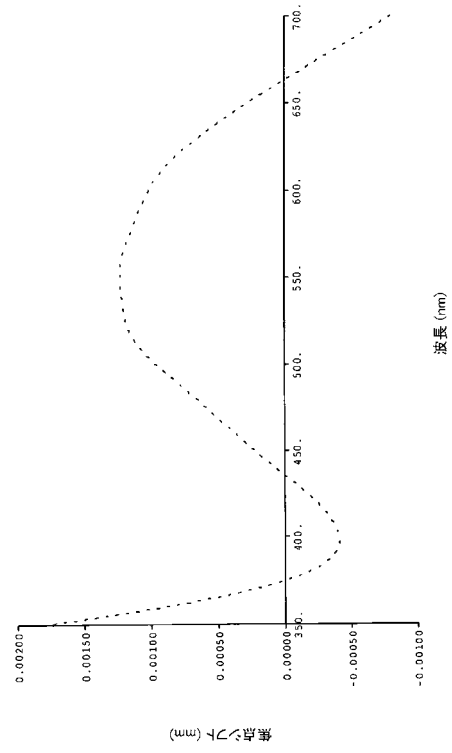
【図 4】



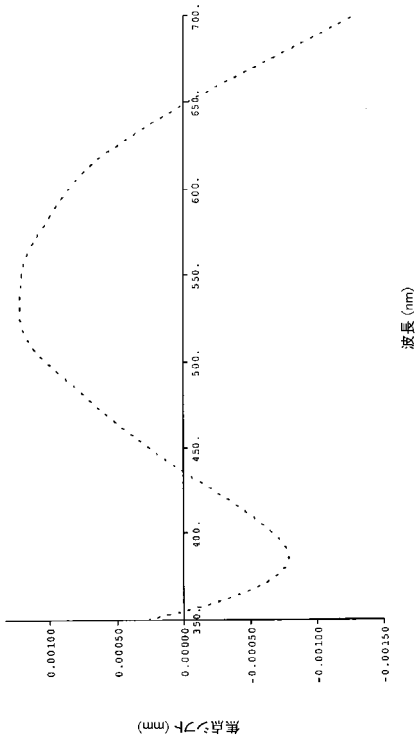
【図 5】



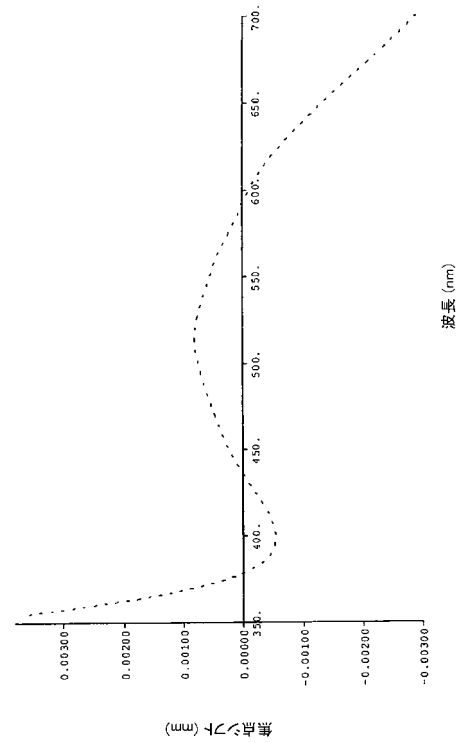
【図 6】



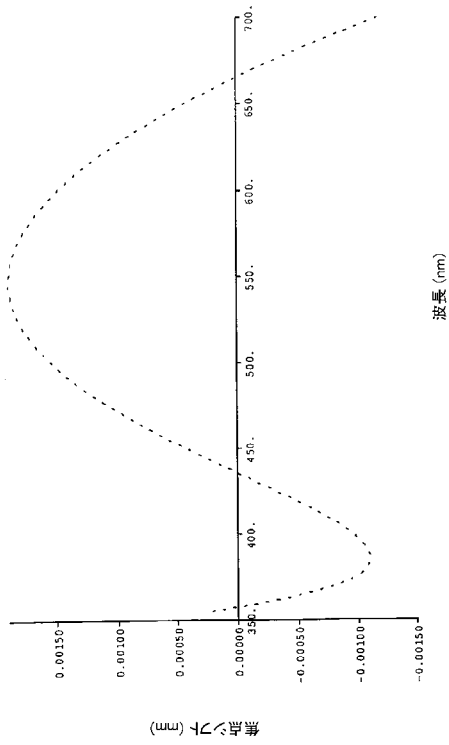
【図 7】



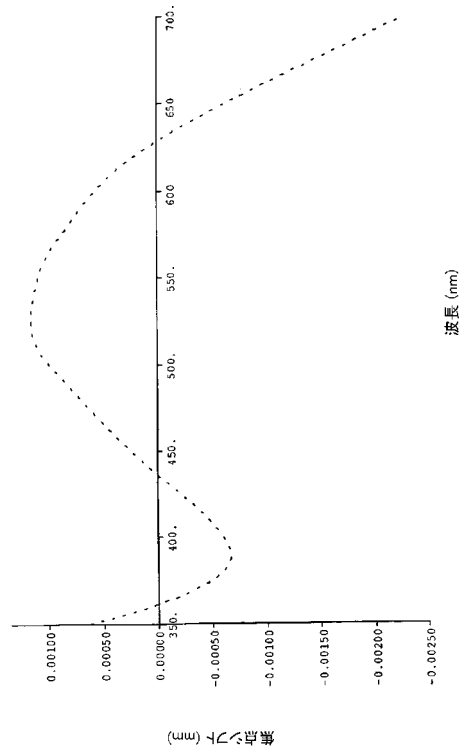
【図 8】



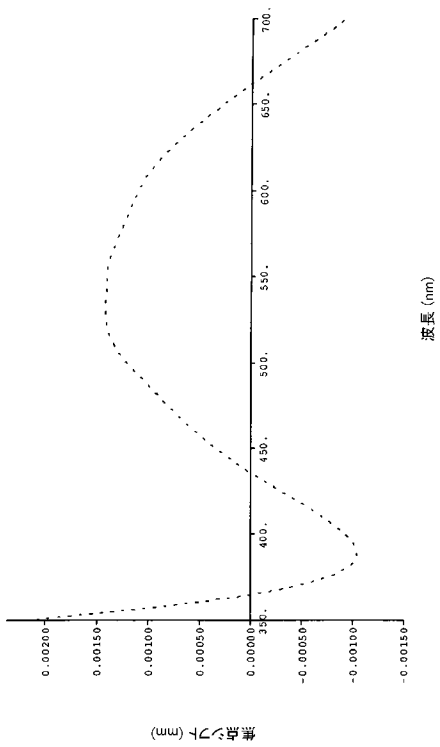
【図 9】



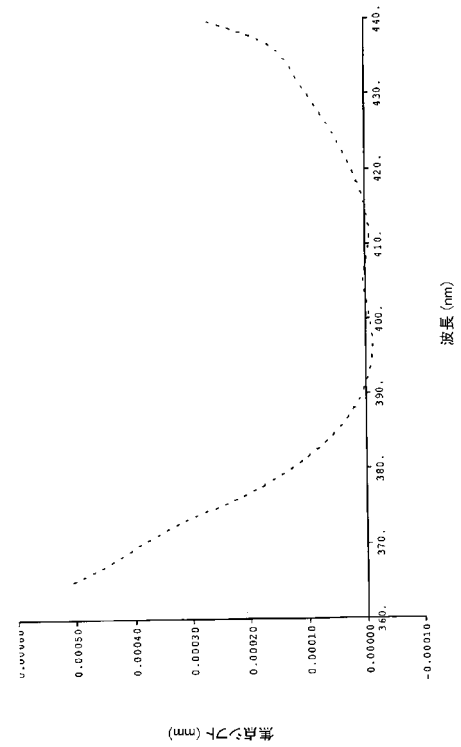
【図 10】



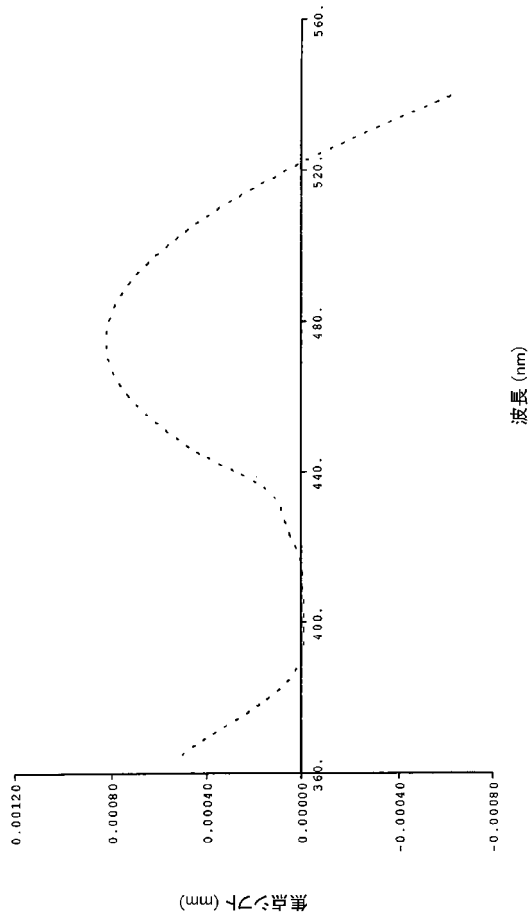
【図 11】



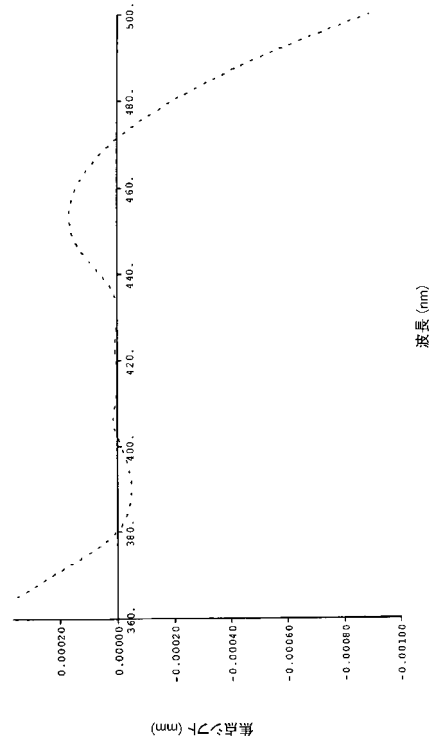
【図 12 A】



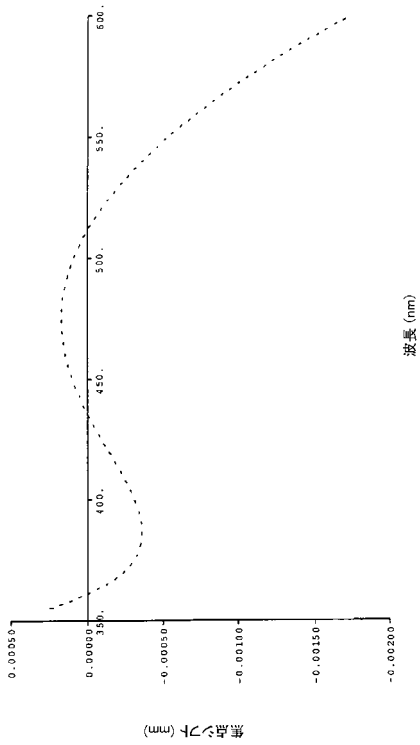
【図 1 2 B】



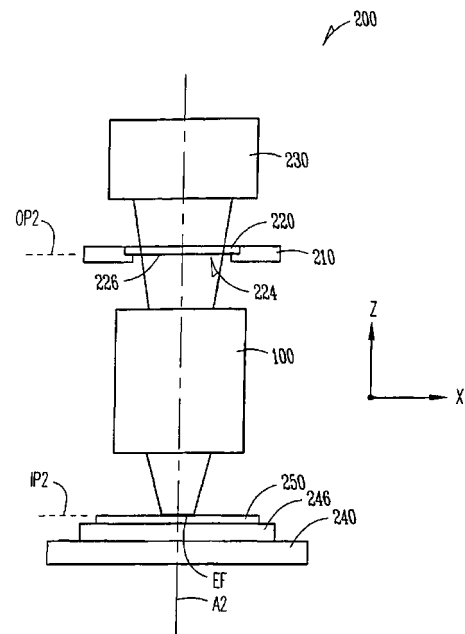
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US05/38777

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC: G03B 27/54(2006.01) USPC: 355/53,67 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 355/53,67 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched NONE Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) Please See Continuation Sheet		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6,809,888 B1 (MARKLE) 26 October 2004 (26.10.2004), see entire document.	1-67
A,P	US 6,813,098 B2 (MERCADO) 02 November 2004 (02.11.2004), see entire document.	1-67
A,P	US 6,963,403 B2 (MERCADO et al.) 08 March 2005 (08.03.2005), see entire document.	1-67
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier application or patent published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search 09 May 2006 (09.05.2006)		Date of mailing of the international search report 25 MAY 2006
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US Commissioner for Patents P.O. Box 1450 Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. (571) 273-3201		Authorized officer JOSE DEES <i>Shawn S. Hoppe</i> Telephone No. 571-272-1569

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.**
PCT/US05/38777**Continuation of B. FIELDS SEARCHED Item 3:**

USPGPUB, USPAT, EPO, JPO, DERWENT IBM_TDB search terms: (dyson or wyne near2 dyson).clm., aperture near 3 stop near5 (located or position\$3 or adjacent or approximate) near4 mirror.clm., concave near5 spherical near4 mirror.clm., (first near3 prism and second near 3 prism).clm.

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

Fターム(参考) 5F046 BA03 CB03 CB10 CB12 CB25 DB01