

(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2009-507366

(P2009-507366A)

(43) 公表日 平成21年2月19日(2009.2.19)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 21/027 (2006.01)</b>	H01L 21/30	515D 2H042
<b>G03F 7/20 (2006.01)</b>	G03F 7/20	521 2K009
<b>G02B 5/00 (2006.01)</b>	G02B 5/00	A 5F046
<b>G02B 1/11 (2006.01)</b>	G02B 1/10	A

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2008-528432 (P2008-528432)  
 (86) (22) 出願日 平成18年9月4日 (2006.9.4)  
 (85) 翻訳文提出日 平成20年2月29日 (2008.2.29)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2006/008605  
 (87) 国際公開番号 W02007/025783  
 (87) 国際公開日 平成19年3月8日 (2007.3.8)  
 (31) 優先権主張番号 102005041938.0  
 (32) 優先日 平成17年9月3日 (2005.9.3)  
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 503263355  
 カール・ツァイス・エスエムティー・アー  
 ゲー  
 ドイツ連邦共和国、73447 オベルコ  
 ッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ  
 セ 2  
 (74) 代理人 100064621  
 弁理士 山川 政樹  
 (74) 代理人 100098394  
 弁理士 山川 茂樹  
 (72) 発明者 カメノフ, ウラディミール  
 ドイツ連邦共和国・73457・エッシン  
 ゲン・シュタウフェンシュトラセ・3

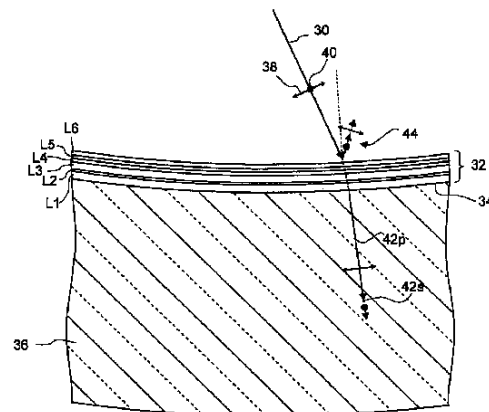
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マイクロリソグラフィック投影露光装置

## (57) 【要約】

マイクロリソグラフィック投影照明システムが、反射率を低減または増加させるために反射防止コーティング(32)または反射コーティングを支持する光学エレメント(36)を含む。本発明によれば反射防止コーティングが、相互に直交する偏光状態(42p, 42s)に対する反射防止コーティングの透過係数の互いの相違が70°の入射扇形の角度にわたって10%を超えない、好ましくは3%を超えない、より好ましくは1%を超えない態様で設計される。同じことが反射コーティングの反射係数に適用される。中間の透過または反射係数のより大きな角度依存によって引き起こされる誤りおよび位相に対する効果を補正するために、この投影照明システムは、強度を均質化または分配するための手段(50)を含み、好ましくはそれが、視野平面または瞳平面内またはそれらの近傍に配置される。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

反射率を低減するために反射防止コーティング（32）がある光学エレメント（36）を有するマイクロリソグラフィック投影露光装置であって、

前記反射防止コーティング（32）は、相互に直交する偏光状態（42p, 42s）に対する前記反射防止コーティングの透過係数の互いの相違が0°から70°までの入射角度範囲にわたって10%を超えない、好ましくは3%を超えない、より好ましくは1%を超えないように構成されると共に構成されると共に

前記投影露光装置は、強度分布を均質化するための手段（50）を具備すること、  
を特徴とするマイクロリソグラフィック投影露光装置。

10

**【請求項 2】**

反射率を増加するために反射コーティングがある光学エレメントを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置であって、

前記反射コーティングは、相互に直交する偏光状態に対する前記コーティングの反射係数の互いの相違が0°から70°までの入射角度範囲にわたって10%を超えない、好ましくは3%を超えない、より好ましくは1%を超えないように構成されると共に、

前記投影露光装置が、強度分布を均質化するための手段を具備すること、  
を特徴とするマイクロリソグラフィック投影露光装置。

**【請求項 3】**

反射率を低減するために反射防止コーティングがある複数の光学エレメントを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置であって、

前記反射防止コーティングは、相互に直交する偏光状態に対する前記複数の反射防止コーティングの透過係数の互いの相違が総合的な効果に関して0°から70°までの入射角度範囲にわたって10%を超えない、好ましくは3%を超えない、より好ましくは1%を超えないように構成されると共に、

前記投影露光装置は、強度分布を均質化するための手段を具備すること、  
を特徴とするマイクロリソグラフィック投影露光装置。

20

**【請求項 4】**

反射率を増加するために反射コーティングがある複数の光学エレメントを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置であって、

前記反射コーティングは、相互に直交する偏光状態に対する前記複数の反射コーティングの反射係数の互いの相違が総合的な効果に関して0°から70°までの入射角度範囲にわたって10%を超えない、好ましくは3%を超えない、より好ましくは1%を超えないように構成されると共に、

前記投影露光装置は、強度分布を均質化するための手段を具備すること、  
を特徴とするマイクロリソグラフィック投影露光装置。

30

**【請求項 5】**

前記強度分布を均質化するための手段は、局所的に変化するグレイ値を伴うグレイ・フィルタを具備することを特徴とする前記請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の投影露光装置。

40

**【請求項 6】**

前記グレイ・フィルタは、局所的に変化する透過率を伴う透過性光学エレメントであることを特徴とする前記請求項 5 に記載の投影露光装置。

**【請求項 7】**

前記グレイ・フィルタは、局所的に変化する反射率を伴う反射性光学エレメントであることを特徴とする、前記請求項 5 に記載の投影露光装置。

**【請求項 8】**

前記グレイ・フィルタは、通過する投影光の位相分布に影響を与えないことを特徴とする前記請求項 5 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

**【請求項 9】**

50

前記強度分布を均質化するための手段は、前記投影露光装置の照明システム内に配置される調整可能な開口エレメントを具備することを特徴とする、前記請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 10】

前記強度分布を均質化するための手段は、視野または瞳平面の内または近傍に配置されることを特徴とする、前記請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 11】

前記コーティングは、直交する偏光状態の間において / 10 より小さい位相差を生成するように構成され、且つ上記は前記投影露光装置内に使用される前記投影光の波長であることを特徴とする前記請求項 1 乃至 11 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

10

【請求項 12】

前記手段は、局所的かつ非軸対称の表面ひずみを包含することを特徴とする、前記請求項 10 に記載の投影露光装置。

【請求項 13】

前記手段は、1 つまたは複数のコーティングに起因する前記強度分布内の変動だけを均質化するように構成されることを特徴とする前記請求項 10 に記載の投影露光装置。

【請求項 14】

支持材料層とその上に設けられた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

相互に直交する偏光状態 (42p, 42s) に対する前記反射防止コーティングの透過係数は互いに 0° から 70° までの入射角度範囲にわたって 1% を超えない範囲にあり、且つ前記層のいずれもが前記反射防止コーティングが対応する動作波長に対して 1.35 より小さい屈折率を有していないこと、

20

を特徴とする光学エレメント。

【請求項 15】

前記反射防止コーティングは 6 つの層を有し、前記支持材料層から数えて第 1、第 3、および第 5 層は前記支持材料より高い屈折率を有し、かつ第 2、第 4、および第 6 層が前記支持材料層より低い屈折率を有すること、および前記第 1 層が 1.2 と 1.5 / 4 の間、第 2 層が 0.35 と 0.65 / 4 の間、第 3 層が 1.2 と 1.5 / 4 の間、第 4 層が 1.5 と 2.4 / 4 の間、第 5 層が 0.4 と 0.9 の間、かつ第 6 層が 0.1 と 1.1 / 4 の間の光学的膜厚を有し、上記は前記動作波長であることを特徴とする前記請求項 14 に記載の光学エレメント。

30

【請求項 16】

前記のより高い屈折率は 1.60 と 1.92 の間にあり、かつ前記のより低い屈折率は 1.37 と 1.44 の間にあることを特徴とする前記、請求項 14 または 15 に記載の光学エレメント。

【請求項 17】

支持材料層およびその上に設けた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

前記反射防止コーティングは、0° と 60° の間にある少なくとも 10° を構成する入射角度範囲内で s 偏光を p 偏光より少なく反射すること、

40

を特徴とする光学エレメント。

【請求項 18】

支持材料層およびその上に与えられた反射防止コーティングを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、前記反射防止コーティングは、少なくとも 40° と 50° の間の入射角度範囲内で s 偏光を p 偏光より少なく反射することを特徴とする光学エレメント。

【請求項 19】

前記反射防止コーティングは 4 つの層を有し、前記支持材料層から数えて第 1 および第 3 層は前記支持材料より高い屈折率を有し、かつ第 2 および第 4 層は前記支持材料層より

50

低い屈折率を有すること、および前記第 1 層が  $1.6$  と  $2.2$  /  $4$  の間、第 2 層が  $0.8$  と  $1.5$  /  $4$  の間、第 3 層が  $1.2$  と  $1.5$  /  $4$  の間、第 4 層が  $0.9$  と  $1.1$  /  $4$  の間の光学的膜厚を有し、前記 は前記動作波長であることを特徴とする前記請求項 18 に記載の光学エレメント。

【請求項 20】

前記反射防止コーティングは、少なくとも  $50^\circ$  と  $60^\circ$  の間の入射角度範囲内において s 偏光を p 偏光より少なく反射することを特徴とする前記請求項 19 に記載の光学エレメント。

【請求項 21】

前記反射防止コーティングが 8 つの層を有し、前記支持材料層から数えて第 1、第 3、第 5、および第 7 層は前記支持材料より高い屈折率を有し、かつ第 2、第 4、第 6、および第 8 層は前記支持材料より低い屈折率を有し、かつ前記第 1 層が  $1.5$  と  $2.4$  /  $4$  の間、第 2 層が  $1.7$  と  $2.1$  /  $4$  の間、第 3 層が  $0.8$  と  $1.5$  /  $4$  の間、第 4 層が  $1.6$  と  $2.1$  /  $4$  の間、第 5 層が  $1.3$  と  $1.8$  の間、第 6 層が  $1.2$  と  $1.5$  /  $4$  の間、第 7 層が  $1.2$  と  $1.5$  /  $4$  の間、かつ第 8 層が  $0.9$  と  $1.1$  /  $4$  の間の光学的膜厚を有し、前記 は前記動作波長であることを特徴とする前記請求項 20 に記載の光学エレメント。

【請求項 22】

前記より高い屈折率は  $1.60$  と  $1.92$  の間にあり、かつ前記のより低い屈折率が  $1.37$  と  $1.44$  の間にあることを特徴とする前記請求項 19 または 20 に記載の光学エレメント。

【請求項 23】

前記入射角度範囲内に、s 偏光が p 偏光より  $0.2\%$  少なく反射される部分範囲が存在することを特徴とする前記請求項 17 乃至 22 のいずれか 1 項に記載の光学エレメント。

【請求項 24】

前記入射角度範囲内に、s 偏光が p 偏光より  $0.5\%$  少なく反射される部分範囲が存在することを特徴とする、前記請求項 23 に記載の光学エレメント。

【請求項 25】

支持材料層およびその上に設けた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

前記反射防止コーティングは、 $0^\circ$  と  $70^\circ$  の間にある少なくとも  $10^\circ$  を構成する入射角度範囲内において s 偏光を p 偏光より少なく反射し、且つ前記層のいずれも前記反射防止コーティングが対応する動作波長に対して  $1.35$  より小さい屈折率を有していないことを特徴とする光学エレメント。

【請求項 26】

支持材料層およびその上に設けられた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

相互に直交する偏光状態 ( $42p$ ,  $42s$ ) に対する前記反射防止コーティングの透過係数の互いの相違が  $0^\circ$  から  $60^\circ$  までの入射角度範囲にわたって  $0.2\%$  を超えないことを特徴とする光学エレメント。

【請求項 27】

前記反射防止コーティングが 7 つの層を有し、前記支持材料から数えて第 1、第 3、第 5、および第 7 層が前記支持材料より低い屈折率を有し、かつ第 2、第 4、および第 6 層が前記支持材料より高い屈折率を有すること、および前記第 1 層が  $0.96$  と  $1.44$  /  $4$  の間、第 2 層が  $0.4$  と  $0.91$  /  $4$  の間、第 3 層が  $0.2$  と  $0.4$  /  $4$  の間、第 4 層が  $0.59$  と  $1.1$  /  $4$  の間、第 5 層が  $1.06$  と  $1.24$  の間、第 6 層が  $1.06$  と  $1.2$  /  $4$  の間、かつ第 7 層が  $1.0$  と  $1.2$  /  $4$  の間の光学的膜厚を有し、上記 は前記動作波長であることを特徴とする前記請求項 25 に記載の光学エレメント。

【請求項 28】

支持材料層およびその上に設けられた少なくとも 4 つの層を有する反射防止コーティン

10

20

30

40

50

グを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

を動作波長とすると、前記支持材料層から数えて 2 番目に最外側の層が  $1.2 / 4$  を超える光学的膜厚を有し、かつ 3 番目に最外側の層が  $0.8$  と  $1.5 / 4$  の間の光学的膜厚を有することを特徴とする光学エレメント。

【請求項 29】

前記反射防止コーティングは少なくとも 6 つの層を包含することを特徴とする、前記請求項 28 に記載の光学エレメント。

【請求項 30】

支持材料層およびその上に与えられた反射防止コーティングを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

を動作波長とすると、前記支持材料層から数えて 2 番目に最外側の層が  $1.2 / 4$  を超える光学的膜厚を有し、かつ 3 番目に最外側の層が  $0.8$  と  $1.5 / 4$  の間の光学的膜厚を有することを特徴とする光学エレメント。

【請求項 31】

支持材料層およびその上に設けられた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

相互に直交する偏光状態 ( $42p$ ,  $42s$ ) の位相の互いの相違が、 $0^\circ$  から  $70^\circ$  までの入射角度範囲にわたって前記反射防止コーティングを通過した後の大きさにおいて  $8^\circ$  を超えないことを特徴とする光学エレメント。

【請求項 32】

相互に直交する偏光状態 ( $42p$ ,  $42s$ ) の前記位相の互いの相違が、 $0^\circ$  から  $50^\circ$  までの入射角度範囲にわたって前記反射防止コーティングを通過した後の大きさにおいて  $2^\circ$  を超えないことを特徴とする前記請求項 31 に記載の光学エレメント。

【請求項 33】

前記反射防止コーティングが 8 つの層を有し、前記支持材料層から数えて第 1、第 3、第 5、および第 7 層が前記支持材料より高い屈折率を有し、かつ第 2、第 4、第 6、および第 8 層が前記支持材料より低い屈折率を有し、更に前記第 1 層が  $1.8$  と  $2.6 / 4$  の間、第 2 層が  $0.05$  と  $0.4 / 4$  の間、第 3 層が  $0.3$  と  $1.4 / 4$  の間、第 4 層が  $0.05$  と  $0.4 / 4$  の間、第 5 層が  $0.05$  と  $0.4$  の間、第 6 層が  $0.8$  と  $1.5 / 4$  の間、第 7 層が  $1.2$  と  $1.5 / 4$  の間、かつ第 8 層が  $0.9$  と  $1.1 / 4$  の間の光学的膜厚を有し、前記は前記動作波長であることを特徴とする前記請求項 31 または 32 に記載の光学エレメント。

【請求項 34】

支持材料層およびその上に設けた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、少なくとも  $20^\circ$  の入射角度範囲にわたって、前記反射防止コーティングを通過した後の  $s$  偏光の位相が、 $p$  偏光の位相より小さいことを特徴とする光学エレメント。

【請求項 35】

前記反射防止コーティングが 8 つの層を有し、前記支持材料層から数えて第 1、第 3、第 5、および第 7 層が前記支持材料層より高い屈折率を有し、かつ第 2、第 4、第 6、および第 8 層が前記支持材料より低い屈折率を有し、更に前記第 1 層が  $0.4$  と  $0.85 / 4$  の間、第 2 層が  $0.3$  と  $0.55 / 4$  の間、第 3 層が  $0.3$  と  $0.55 / 4$  の間、第 4 層が  $1.15$  と  $1.7 / 4$  の間、第 5 層が  $1.9$  と  $2.5$  の間、第 6 層が  $1.7$  と  $1.8 / 4$  の間、第 7 層が  $0.5$  と  $0.95 / 4$  の間、かつ第 8 層が  $1.15$  と  $1.4 / 4$  の間の光学的膜厚を有し、前記は前記動作波長であることを特徴とする前記請求項 31 ~ 34 のうちのいずれか 1 項に記載の光学エレメント。

【請求項 36】

支持材料層およびその上に設けた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

を前記投影露光装置の動作波長とすると、 $0.4 / 4$  より小さい光学的膜厚を有

10

20

30

40

50

する少なくとも３つの層を具備したことを特徴とする光学エレメント。

【請求項３７】

支持材料層およびその上に与えられた複数の層を有する反射防止コーティングを具備したマイクロリソグラフィック投影露光装置の光学エレメントであって、

を前記投影露光装置の動作波長とするとき、少なくとも２つの第１の層は  $0.4 / 4$  より小さい光学的膜厚を有し、前記第１の層とは異なる少なくとも２つの第２の層が  $0.6 / 4$  より小さい光学的膜厚を有することを特徴とする光学エレメント。

【請求項３８】

反射率を低減するために反射防止コーティングがある複数の光学エレメントを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置であって、少なくとも１つの第１の反射防止コーティングが第１の入射角度範囲内において p 偏光に対するより s 偏光に対する方が大きい反射率を有し、

少なくとも１つの第２の反射防止コーティングが第２の入射角度範囲内において s 偏光に対するより s 偏光に対する方が小さい反射率を有し、前記少なくとも１つの第１の反射防止コーティングおよび前記少なくとも１つの第２の反射防止コーティングが、それらが前記反射率における偏光依存の差を少なくとも部分的に補償するように前記ビーム経路内に配置されること、

を特徴とするマイクロリソグラフィック投影露光装置。

【請求項３９】

前記第１の入射角度範囲内の入射角を伴って前記少なくとも１つの第１の反射防止コーティングに衝突する少なくとも一部の光線が、前記第２の入射角度範囲内の入射角を伴って前記少なくとも１つの反射防止コーティングに衝突することを特徴とする、請求項３８に記載の投影露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、大規模集積電気回路およびそのほかのマイクロ構造化コンポーネントの製造のために使用されるようなマイクロリソグラフィック投影露光装置に関する。本発明は、特に、反射率を増加または低減するための光学エレメントのコーティングに関する。

【背景技術】

【０００２】

集積電気回路およびそのほかのマイクロ構造化コンポーネントは、従来から、たとえばシリコン・ウェファとすることができ適切な基板上に複数の構造化された層を与えることによって製造されている。層を構造化するために、最初にそれらが、特定の波長範囲の光、たとえば深紫外線（ＤＵＶ）スペクトル範囲の光に感光性を有するフォトレジストを用いて覆われる。この方法でコーティングされたウェファは、その後続き、投影露光装置内において露光される。構造のパターンを含むマスクがこのようにして照明システムによって照明され、投影対物鏡の補助を伴ってフォトレジスト上に結像される。結像倍率が一般に１より小さいことから、その種の投影対物鏡は、しばしば縮小対物鏡とも呼ばれる。

【０００３】

フォトレジストが現像された後、ウェファがエッチング処理を受け、その結果、それらの層がマスク上のパターンに従って構造化される。残存しているフォトレジストは、その後、層の残りの部分から除去される。このプロセスが、ウェファ上にすべての層が与えられるまで反復される。

【０００４】

投影露光装置内に使用されるミラーは、概して、複数の個別の層から作られる反射コーティングを包含し、それらの反射係数は、しばしば９０％を超える。これに対してレンズおよびそのほかの屈折光学エレメントには、光の損失および屈折光学エレメントの境界面における望ましくない二重反射に起因する結像誤りを低減するために反射防止コーティン

10

20

30

40

50

グが提供される。

【 0 0 0 5 】

これらのコーティングの構成時において、一般に、反射コーティングの場合であれば一貫して高い反射係数を、反射防止コーティングの場合であれば高い透過係数を大きな入射角度範囲にわたって達成する試みがなされる。さらにこれらの係数は、可能な限り入射光の偏光状態と独立である必要がある。

【 0 0 0 6 】

しかしながら、しばしばその種の特性を伴うコーティングを開発し、製造することは、特に技術的または経済的理由のために、非常に困難であるか、または不可能でさえあることがわかっている。この結果として、投影露光装置の光学特性において譲歩が余儀なくされるか、非常に高いコストに甘んじなければならない。

10

【 0 0 0 7 】

特許文献 1 は、 $0^\circ$  と  $50^\circ$  の間の入射角度範囲にわたって、s および p 偏光に対する反射係数の間に  $0.5\%$  より小さい差を有する反射防止コーティングを開示している。

【 0 0 0 8 】

特許文献 2 は、 $0^\circ$  と  $70^\circ$  の間の入射角度範囲にわたって、s および p 偏光に対する反射係数の間に  $1\%$  より小さい差を有する、投影露光装置に適した反射防止コーティングを開示している。角度スペクトルのある部分にわたって s 偏光に対する反射係数  $R_s$  が、p 偏光に対する反射係数  $R_p$  より小さい。しかしながら、その中で述べられているコーティングに伴う欠点は、最外側層が非常に低いパッキング密度を有することである。この結果、それらの層が環境効果によってより強く攻撃され、そのため経時的な安定性がより低い。

20

【 0 0 0 9 】

特許文献 3 は、 $0^\circ$  と  $46^\circ$  の間の入射角度範囲にわたって平均反射率が  $0.5\%$  より小さく、約  $56^\circ$  の入射角までは  $2\%$  より小さい、投影露光装置に適した反射防止コーティングを開示している。 $56^\circ$  未満の入射角においては、s および p 偏光に対する反射係数の間の差が約  $0.3^\circ$  より小さい。しかしながら  $56^\circ$  を超える入射角については、平均反射率および反射係数間の差がともに有意に増加し、 $70^\circ$  においては差が約  $5\%$  である。特に高開口の投影対物鏡においては、レンズ形状およびポジションに応じて  $70^\circ$  に至る入射角が生じ得ることから、この公知の反射防止コーティングは、もっとも厳しい要件を満足しない。

30

【 0 0 1 0 】

特許文献 4 は、投影露光装置に適した、低い平均反射率を有する反射防止コーティングを記述している。偏光状態または入射角に対する依存度は、その中で考慮されていない。

【 0 0 1 1 】

2005 年 12 月 02 日に出願された未公開の米国特許仮出願第 60 / 741, 605 号は、分相が特に小さい反射防止コーティングを開示している。これは、形状複屈折コーティングの使用によって達成され、形状複屈折に起因する遅延が、s および p 成分についての異なるフレネル係数に起因する遅延を少なくとも実質的に補償する。しかしながらこの場合においてさえ、大きな入射角度範囲について反射率に有意の偏光依存度が生じることがある。

40

【 0 0 1 2 】

特許文献 5 は、カタディオプトリック投影対物鏡を開示しており、それにおいては第 1 のミラーが投影光の s 成分をより強く反射するコーティングを有する。これに対して第 2 のミラーは、p 成分をより強く反射し、その結果、全体として実質的な分極率の偏光非依存が達成される。

【 0 0 1 3 】

【特許文献 1】 J P 2 0 0 2 - 1 8 9 1 0 1 A

【特許文献 2】 J P 2 0 0 4 - 3 0 2 1 1 3 A

【特許文献 3】 E P 0 9 9 4 3 6 8 A 2

50

【特許文献4】US 6 628 456 B2

【特許文献5】US 2005/0254120 A1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、一方において経済的であり、他方において投影対物鏡の結像特性を有意に損なわない反射（防止）コーティングを伴う光学エレメントを有する投影露光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】

【0015】

10

反射防止コーティングに関して言えば、この目的は、反射率を下げるための反射防止コーティングがある光学エレメントを有するマイクロリソグラフィック投影露光装置によって達成される。これは、 $0^{\circ}$ から $70^{\circ}$ までの範囲内の入射角にわたって、相互に直交する偏光状態に対する反射防止コーティングの透過係数の相違が、互いに10%を超えることのないように、好ましくは3%を超えることのないように、より好ましくは1%を超えることのないように構成される。この投影露光装置は、さらに、視野または瞳平面内またはその近傍に好ましく配置された強度分布を均質化するための手段を包含する。

【0016】

同じことが、反射コーティングの反射係数にも当て嵌まる。

【0017】

20

強度分布を均質化するための手段は、偏光の光学的最適化において生じ得るような透過係数または反射係数のかなりの角度依存度が結像特性に許容不能な効果を有さないことを保証する。強度分布の均質化は、これに関連して言えば、画像平面内における強度分布の望ましくない変動が抑圧されることを意味するべく意図されている。画像平面内における望ましい強度分布は、マスクが存在しないとき、すべてのポイントが同一の強度で露光されるような一様な分布である。

【0018】

これに代わるものとしては、直交する偏光状態に対する透過または反射係数における小さい相違が、単一のコーティングではなく投影露光装置内に含まれるコーティングのうちのいくつか、さらにはその全部の包括的な効果によって達成されるようにコーティングを構成することもできる。個別の最適化は、この方法においては、全体の最適化によって置き換えられる。ここでもまた、強度分布を均質化するための手段が、透過係数または反射係数のかなりの角度依存度が結像特性に許容不能な効果を有さないことを保証する。

30

【0019】

強度分布を均質化するための手段は、従来技術において公知のようなグレイ・フィルタとすることができる。1つまたは複数のグレイ・フィルタが、コーティング（または全体としてすべてのコーティング）に対して特別に調整されることが特に好ましい。グレイ・フィルタは、たとえば単純な透過フィルタとして設計できるが、たとえばコーティングに起因する強度分布の変動だけが補償されるように設計できる。異なる原因に帰する強度分布の変動は、たとえば、そのほかの、好ましくは調整可能なフィルタまたは異なる手段によって低減することもできる。

40

【0020】

コーティングに起因するかなりの位相誤りは、位相誤り訂正手段、たとえばそれ自体は公知のマニプレータによって、または局所的な非軸対称表面ひずみによって訂正できる。

【0021】

本発明は、さらに、特に有利な偏光光学特性を有する反射防止コーティングにも関係する。したがって、反射係数および位相がいずれもほとんどわずかしき偏光状態に依存しない反射防止コーティングが提供される。別の反射防止コーティングは、特定の入射角度範囲にわたってp偏光に対する反射係数がs偏光に対するより大きいか、または特定の入射角度範囲内においてp偏光が、s偏光に対する遅延を伴ってこの反射防止コーティングを

50



通過する特性を有する。これは、偏光に中立の振る舞いが全体として獲得されるように、複数の反射または反射防止コーティングを組み合わせることを可能にする。好ましい例示的实施態様においては、コーティングが、85%を超えるパッキング密度を伴う層だけを包含し、したがって非常に耐久性があるという点において特徴付けられる。

【0022】

本発明のさらに有利な構成は、従属請求項の発明の内容になる。

【0023】

このほかの特徴および利点については、図面を参照した以下の例示的实施態様の説明から明らかになるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

図1は、包括的に10によって示されるマイクロリソグラフィック投影露光装置を通る極めて略図化された縮尺に従っていない縦断面図を示している。投影露光装置10は、投影光ビーム13を生成するための光源14を伴う照明システム12を包含する。光源14は、たとえばエキシマ・レーザとすることができるが、短い波の投影光を生成する。この例示的な実施態様においては、投影光の波長が193nmである。たとえば、157nmまたは248nmといったほかの波長を使用することも同様に可能である。

【0025】

照明システム12は、さらに減偏光子17および視野開口18を伴う、16によって示されている照明光学系を含む。照明光学系16は、光源14によって生成された投影光ビームを所望の方法で再整形し、異なる照明角度分布のセットアップを可能にする。このため照明光学系16は、たとえば交換可能な回折光学エレメントおよび/またはマイクロレンズ・アレイを含むことができる。たとえば米国特許第6,285,443A号を参照されたいが、その種の照明光学系16が従来技術において公知であることから、これについてのさらに詳細な説明は省略する。

【0026】

照明システム12の対物鏡19は、視野開口18を、その後続く投影対物鏡20の対物面上に鮮明に結像する。

【0027】

投影対物鏡20は、多数のレンズおよびそのほかの光学エレメントを含み、図1には、簡明のため、それらのうちのいくつかだけ(L1~L6によって示されている)が例として示されている。投影対物鏡20は、そのほかの光学エレメント、たとえばビーム経路を折り返すために使用される1つまたは複数のイメージング・ミラー、またはフィルタ・エレメントも含むことがある。たとえば13nmといった極度に短い波長の場合には、このように短い波長のために利用できる十分に透明なレンズ材料がないことから投影対物鏡20が結像エレメントとしてミラーだけを含む。同じことが、照明システム12について当て嵌まる。

【0028】

投影対物鏡20は、投影対物鏡20の対物平面22内に配置可能であり、かつ投影光ビーム13によって照明されるマスク24の縮小された画像を、たとえばフォトレジストとすることができる感光層26上に投影するために使用される。層26は、投影対物鏡20の画像平面28内に配置され、支持29、たとえばシリコン・ウェファ上に与えられる。

【0029】

照明システム12内および投影対物鏡20内に含まれるレンズには、反射防止コーティングが提供される。この反射防止コーティングの目的は、レンズの境界面において反射され、したがって投影が失われるか、または二重反射を招く光の割合を低減することである。コーティングは、一般に多数の薄い個別の層を含み、それらの屈折率および厚さは、投影光13の波長について望ましい特性が達成されるように選択される。

【0030】

反射防止コーティングの場合であれば、それらの特性が、主として98%を超える非常

10

20

30

40

50

に高い透過率になる。そのような高い透過率が、大きな入射角度範囲にわたって達成される必要がある。特に、非常に高開口の投影対物鏡 20 の場合には入射角が  $70^\circ$  に至ることもあり、特定の場合にはそれを超えることさえある。入射角に対する透過率の依存が強すぎる場合には、これが、瞳に近いコーティングを伴って視野依存の構造の幅の変動を、近視野コーティングを伴って角度依存の構造の幅の変動を招くことになる。

#### 【0031】

さらに、レンズに与えられる反射防止コーティングには、それらが、入射投影光 13 の偏光状態に関わりなくそれらの光学的特性を有することが期待される。直交する偏光状態について反射防止コーティング内の透過率の変動が大きすぎる場合には、この偏光依存度が望ましくない結像誤りを招くことがある。これは、照明システム 12 内における減偏光子 17 の使用にもかかわらず、投影対物鏡 20 を通過するときに投影光 13 が完全に偏光が取り除かれずに残るという事実に関係する。その理由は、たとえば内在的な、または応力複屈折レンズ材料、偏光性マスク構造をはじめ、ここで反射防止および反射コーティングの場合について考察した偏光依存度であると見られる。

10

#### 【0032】

反射防止コーティングが視野平面の近傍内に配置される場合には、投影光が視野にわたって変動する選択的な偏光方向を有するとき、その透過率における偏光依存度が画像野にわたって変動する強度を導く。視野平面内におけるその種の強度変動は、コンポーネント上の望ましくない視野依存の構造の幅の変動として顕在化する。これに対して、偏光依存の透過率を伴う反射防止コーティングが瞳の近傍に配置される場合には、すでに存在している偏光状態の角度依存度が同様に望ましくない構造の幅の変動を導くことがある。

20

#### 【0033】

この理由のため、反射防止コーティングの開発時には、直交する偏光状態についての透過係数の間の差  $T$  を 10 % 未満に、より好ましくは 3 % 未満に維持する試みがなされる。

#### 【0034】

レンズおよびミラーの反射（防止）コーティングは、さらに、それらのコーティングを通過する光の位相を偏光状態の関数として変動させることがある。これは、コーティングを光学的に複屈折とし、画像平面内における結像品質に対して好ましくない効果を有する。この理由のため、直交する偏光状態の間における許容可能な位相差  $\Delta\phi$  は、投影光 13 の波長  $\lambda$  の  $1/10$  未満とする必要がある。

30

#### 【0035】

しかしながら、一方における高い平均透過率をはじめ、他方における透過率および位相の低い偏光依存度は、かなりの入射角度範囲にわたって達成することが不可能であるか、またはよくても極端に大きな出費を伴って達成可能である。

#### 【0036】

したがって本発明によれば、投影露光装置 10 内のコーティングが、透過係数の、および位相の偏光依存度が大きな入射角度範囲にわたって低く維持されるように構成される。しかしながら平均透過率および平均位相は、入射角度範囲にわたって知覚可能に変化することがある。同時に生じる結像の摂動は、比較的単純な方法で、たとえばグレイ・フィルタまたは - - 位相誤りの場合であれば - - 局所的な非軸対称表面ひずみの補助を伴って補正される。

40

#### 【0037】

実質的な偏光非依存度は、特に反射防止コーティングの場合に、相互に直交する偏光状態に対する透過係数の互いの相違が  $70^\circ$  の入射角度範囲にわたって 10 % を超えないこと、好ましくは 3 % を超えないこと、より好ましくは 1 % を超えないことを意味する。同じことが反射コーティングの場合の反射係数について当て嵌まる。

#### 【0038】

そのような方法で構成される層システムは、比較的わずかな出費で開発および製造が可能である。これを行う方法の詳細は、標準的な教範、たとえば T. W. バウマイスター (

50

T. W. Baumeister) 著『オブティカル・コーティング・テクノロジー (Optical Coating Technology)』に見ることができる。

【0039】

図2は、相互に直交する偏光状態に対する透過係数の互いの相違が1%を超えない反射防止コーティング32の例示的实施態様の詳細の横断面を示している。反射防止コーティング32は、材料および光学的膜厚が表1に指定されている6つの薄い個別の層L1～L6からなる。反射防止コーティング32は、たとえば石英ガラスからなるレンズ36の凹状の表面34上に与えられ、 $\lambda = 193\text{ nm}$ の波長用に構成される。量QWOT (1/4波長光学膜厚)は、光学的膜厚、すなわち1/4波長を単位で表した屈折率と幾何学的な厚さの積を言う。

【0040】

【表1】

層	1	2	3	4	5	6
材料	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>
QWOT	1.37	0.44	1.41	0.75	0.60	0.87

表1：層仕様の例示的实施態様1

【0041】

原理的に同様に適切なものに、低い耐久性からあまり好ましくはないが、導入部分で引用したとおり、JP 2004-302113 Aの例示的实施態様4として述べられている3つの層から構成されるコーティングがある。同様に導入部分で述べたEP 0994368 A2は、より耐久性のある5つの層を有するコーティングについて述べているが、前述した0°から70°までの入射角度範囲において、直交する偏光状態に対する透過係数が互いから約5%異なる。

【0042】

以下においては、光線30が二重矢印によって示されるp偏光成分38および黒丸によって示されるs偏光成分40の両方を含むことを前提とする。反射防止コーティング32に衝突する光の大半は、わずかに異なるs偏光成分40およびp偏光成分38それぞれに対する透過係数TsおよびTpを伴って透過されることになる。図2においては、このわずかな相違が、透過されたs偏光成分40については矢印42sによって示されており、透過されたp偏光成分38についての矢印42pよりいくぶん長い。

【0043】

概して言えば、反射防止コーティング32の反射率もまた、入射光の偏光状態に従って異なり、図2においてはそれが44に誇張表現された方法で示されている。

【0044】

反射防止コーティング32の平均透過率  $T$  は次の式(1)によって与えられる。

$$T = (|Ts| + |Tp|) / 2 \quad (1)$$

【0045】

透過率の偏光依存度は、透過係数TsとTpの間の差により、式(2)に従ってもっとも良好に記述される。

$$T = |Ts| - |Tp| \quad (2)$$

【0046】

平均位相 および位相差 については、それぞれ式(3)および(4)が適用される。

$$\phi = (\arg(Ts) + \arg(Tp)) / 2 \quad (3)$$

$$\Delta\phi = \arg(Ts) - \arg(Tp) \quad (4)$$

【0047】

10

20

30

40

50

図 3、4、および 5 は、平均透過率  $T$ 、式 (2) に従った透過係数間の差  $T$ 、および式 (4) に従った位相差が、反射防止コーティング 32 について入射角  $\theta$  の関数としてそれぞれプロットされたグラフを示している。 $T < 1\%$  および  $\theta < 0.1 \cdot \theta_0$  が、 $70^\circ$  の角度範囲にわたって当て嵌まることが理解できる。しかしながら平均透過率  $T$  は、この入射角度範囲にわたって一貫して  $98\%$  より高くなく、むしろ大きい入射角については  $92\%$  より低い値まで落ち込んでいる。これは、したがって前述した視野および/または角度依存の強度変動を導き得る。

#### 【0048】

画像平面 28 内における強度変動を回避するために、同様に視野の近傍に位置決めされるグレイ・フィルタを使用することができる。これに代わるものとして、角度依存の透過率を伴うフィルタ・エレメントを瞳の近傍に位置決めすることも可能である。その種の角度依存グレイ・フィルタが、図 1 に 50 によって示されている。この状況に適しているグレイ・フィルタのこのほかの設計は、US 2005/0018312 A1 号に見ることができる。

#### 【0049】

走査型投影露光装置 10 においては、照明システム 12 内に、多数の個別に置換可能な開口エレメントを包含する視野開口を使用することも可能である。たとえば EP 0952491 A2 内で述べられているとおり、それ自体は公知であるその種の視野開口は、画像平面 28 内における放射線量を、スリット形状の明視野の長さ方向のポジションの関数として変化させることを可能にする。

#### 【0050】

しかしながら反射防止コーティング 32 が瞳平面の近傍に位置する場合には、これが瞳アポダイゼーションを生成することになる。その種の瞳アポダイゼーションは、瞳平面の近傍の適切に構成された反射防止層によって補正できる。ゼルニケ係数  $Z_2/Z_3$  によって記述可能な瞳アポダイゼーションの傾きは、ミラー層によって補正できる。

#### 【0051】

特定の角度において平均透過率  $T$  が低いことに起因して生じることがあるより強い二重反射は、散乱防止開口によって吸収できる。

#### 【0052】

平均位相  $\phi$  も同様に反射防止コーティングの最適化において優先権が与えられないことから、反射防止コーティング 32 に起因する位相誤りが結像誤りを導くことがある。

#### 【0053】

その種の結像誤りは、少なくとも特定の範囲内において、それ自体は公知のマニプレータによって補正できる。特に良好な補正は、光学エレメント、またはここで別々に提供されているプレートの境界面に局所的に、かつ非軸対称にひずみを与えられるときに達成される。このひずみは、材料の追加または除去によって生成できるが、この場合、数ナノメートル台であり、好ましくは  $50$  ナノメートル未満である。

#### 【0054】

最小偏光依存度に関して個別の反射防止コーティングをそれぞれ最適化することに代えて、投影対物鏡 20 内に含まれる反射防止コーティングのいくつかまたはすべての、またオプションとして投影露光装置 10 全体を通じて包括的な最適化を行うことも可能である。その場合の前述した条件は、次のとおりに記述できる。

$$T_{total} < 10\%$$

好ましくは  $< 3\%$ 、より好ましくは  $< 1\%$  であり、かつ

$$t_{total} < 10.$$

#### 【0055】

当然のことながら、上記の考察は、投影露光装置 10 内の湾曲結像ミラーまたは平面偏向ミラーに使用されるような反射コーティングにも当て嵌まる。

#### 【0056】

以下、反射防止コーティングの種々の例示的实施態様について述べるが、それらのうち

のいくつかは、直交する偏光状態に対する透過係数間の差が特に小さい。そのほかの例示的实施態様においては、この差がより大きいが、それにもかかわらず特に高い平均透過係数および／または特に小さい分相がかなりの入射角度範囲にわたって達成される。なお、注意する必要があるが、ここからは透過係数  $T$  を指定することによってではなく、反射係数  $R$  を指定することによって透過性能を述べることになる。コーティングが無視できる吸収を有する場合には、 $T = 1 - R$  が当て嵌まる。したがって小さい反射係数は大きい透過係数に対応し、その逆も同じである。

#### 【 0 0 5 7 】

##### 例示的实施態様 2

表 2 は、合計で 4 つの層を包含する反射防止コーティングの例示的实施態様についての層仕様を与える。図 6 は、s 偏光、p 偏光、および非偏光に対する反射係数  $R_s$ 、 $R_p$ 、および  $R_a$  が、この反射防止コーティングについて入射角の関数としてそれぞれプロットされたグラフを示している。

#### 【 0 0 5 8 】

##### 【表 2】

層	1	2	3	4
材料	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>
QWOT	2	1	1.25	1
範囲	1.6-2.2	0.8-1.5	1.2-1.5	0.9-1.1

表 2：層仕様の例示的实施態様 2

#### 【 0 0 5 9 】

前述した例示的实施態様 1 の場合と同様に、層は、たとえばレンズまたは平面平行平板とすることができる支持材料から開始してカウントされる。193 nm の波長において約 1.56 の屈折率を有する CaF<sub>2</sub> が、この例示的实施態様および以下に述べる実施態様の支持（サブストレート）の材料として採用されることになる。しかしながら、ほかの支持材料、たとえば合成石英ガラス（SiO<sub>2</sub>）またはフッ化バリウム（BaF<sub>2</sub>）を使用することも可能であり、反射防止コーティングの光学特性は、これによって比較的わずかに変更されない。

#### 【 0 0 6 0 】

193 nm の波長において約 1.69 の屈折率を有するフッ化ランタン（LaF<sub>3</sub>）は、より高い屈折性の層のために採用された。同じ波長において約 1.43 の屈折率を有するフッ化マグネシウム（MgF<sub>2</sub>）は、より低い屈折性の層のために採用された。これらの層を製造するために、公知の製造方法、たとえば PVD または CVD 方法を採用することができる。

#### 【 0 0 6 1 】

当然のことながら、より高い屈折性の層およびより低い屈折性の層のための前述した材料は、類似の屈折率を伴うほかの材料にそれぞれ置き換えてもよい。LaF<sub>3</sub> のほかに、より高い屈折性の材料として、特に NdF<sub>3</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、および ErF<sub>3</sub> も適している。MgF<sub>2</sub> のほかに、より低い屈折性の材料として、たとえば AlF<sub>3</sub>、チオライト、またはクリオライトも考えられる。これらの材料が、表 2 の中で述べている材料といくぶん異なる屈折率を有することから、その中に QWOT（1/4 波長光学膜厚）の単位で指定されている光学膜厚について差が生じることがある。それらが、表 2 の最後の行に範囲指定の形で述べられている。LaF<sub>3</sub> および MgF<sub>2</sub> を採用する場合であっても、たとえば微調整を行うために、表中の値範囲内の光学膜厚の使用が得策となることがある。

## 【 0 0 6 2 】

上記のより高い、およびより低い屈折性材料の共通の特徴は、それらによって約 1 . 6 0 と 1 . 9 2 の間の範囲内または約 1 . 3 7 と 1 . 4 4 の間の範囲内の屈折率が、パッキング密度を 8 5 % の値より下に減少させることなくそれぞれ達成されることが可能であるということである。それらの層は、したがってより耐久性があり、長期の動作時間の後および異なる環境効果の下においてさえ実質的に光学特性が変化しない。

## 【 0 0 6 3 】

図 6 に示されているグラフは、この 4 層だけからなる反射防止コーティングを用いれば、s 偏光および p 偏光に対する反射係数  $R_s$  および  $R_p$  が、 $0^\circ$  と  $60^\circ$  の間の入射角度範囲にわたって互いに非常にわずかにしか変化しないこと、詳細には 1 % を超えないことを明らかにしている。 $0^\circ$  と  $50^\circ$  の間の入射角度範囲については、差だけでなく、反射係数  $R_s$  および  $R_p$  の絶対値も 1 % 未満になっている。

10

## 【 0 0 6 4 】

この反射防止コーティングの特有の特徴は、約  $35^\circ$  と  $55^\circ$  の間の入射角について s 偏光に対する反射係数  $R_s$  が、p 偏光に対する反射係数  $R_p$  より小さいことである。その種の - -  $55^\circ$  を超える入射角度範囲についてはあるが - - 導入部分で引用した J P 2 0 0 4 - 3 0 2 1 1 3 の中で最初に述べられた振る舞いは、フレネルの式によれば p 偏光が s 偏光より原則的に良好に透過されることから異常である。

## 【 0 0 6 5 】

反射の振る舞いのこの逆転は、それ自体新しくはないが、特定の角度範囲にわたってほかのコーティングにおける従来の偏光依存の反射の振る舞いに起因する効果の補償に好適に使用することが可能である。第 1 の例示的实施態様およびその後続く例示的实施態様のいくつかによって示されるとおりに s 偏光および p 偏光に対する反射係数間の差を非常に小さく維持することが可能であるとしても、それにもかかわらずこれは、相応じて製造が精巧になる 6 つまたはそれより多くの個別の層を伴うより複雑な層システムをしばしば必要とする。しかしながら、図 6 に示されている特性を有する反射防止コーティングが、ある入射角度範囲にわたって p 偏光に対するより高い s 偏光に対する反射率を有する別の単純に構成された反射防止コーティングと組み合わせられるとすれば、偏光に中立の振る舞いが全体として達成可能である。

20

## 【 0 0 6 6 】

このために、偏光依存度を互いに補償することが意図された反射防止コーティングが同一の入射角度範囲内において記述された振る舞いを呈するべきとすることは、無条件に必要とならない。一方の光学表面に大きな入射角で衝突する光線が、他方の光学表面に小さい入射角で衝突することができ、その逆も当て嵌まる。 $R_s > R_p$  および  $R_s < R_p$  を伴う範囲を有するまったく同じに構成された 2 つの反射防止コーティングが、このような方法で選択された光学表面上に与えられた場合には、それらの偏光依存度を互いに中立化できる。しかしながら概して、補償する反射防止コーティングが光学エレメントの、たとえばレンズの入口および出口表面に与えられるとき、状況がもっとも単純になる。これは、光学システムが構成されるとき、光学レンズの入口および出口表面上の入射角を類似にすることがしばしば試みられることによる。しかしながら、反射防止コーティングの間のそのほかの多くの光学エレメントが存在する場合には、それらの間にある光学エレメントによって入射角の分布が比較的複雑な方法で変更されることがある。

30

40

## 【 0 0 6 7 】

理解される必要があるが、表 2 に与えられている層仕様が光学エレメントの全表面にわたってまったく同じである必要はない。光学エレメント上の異なる領域がしばしば入射角の異なる分布にさらされることから、それぞれが出会う角度スペクトルに最適に適合された異なる反射防止コーティングが異なる領域上に与えられることが得策となり得る。

## 【 0 0 6 8 】

例示的实施態様 3

表 3 は、合計で 8 つの層を包含する反射防止コーティングの例示的实施態様についての

50

層仕様を与える。図 7 は、s 偏光、p 偏光、および非偏光に対する反射係数  $R_s$ 、 $R_p$ 、および  $R_a$  が、この反射防止コーティングについて入射角の関数としてそれぞれプロットされたグラフを示している。

【0069】

【表 3】

層	1	2	3	4	5	6	7	8
材料	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>
QWOT	1.8	1.9	1.1	1.8	1.55	1	1.25	1
範囲	1.5-2.4	1.7-2.1	0.8-1.5	1.6-2.1	1.3-1.8	0.8-1.5	1.2-1.5	0.9-1.1

表 3：層仕様の例示的实施態様 3

【0070】

図 7 のグラフを見ると、この場合には約 40° を超える入射角における反射の振る舞いが、s 偏光が p 偏光よりはるかに少なく反射されることから、本質的に従来の振る舞いと異なることがわかる。反射係数  $R_s$  と  $R_p$  の負の差  $R = R_s - R_p$  は、約 50° の入射角において、JP 2004-302113 の図 12 の補助を伴って示される反射防止コーティングの場合より実質的にはるかに強く増加している。表 3 の中で与えられている層仕様を用いる反射防止コーティングは、したがって、例示的实施態様 2 に関連して前述したとおり、ほかの層の偏光依存度の補償にさらに良好に使用できる。

【0071】

JP 2004-302113 に記述された反射防止コーティングを超える実質的な利点は、特に、85% を超えるパッキング密度を有する層だけがここで述べている反射防止コーティング内に使用されることである。しかしながら、JP 2004-302113 の中で述べられている例示的实施態様においては、1.21 の低屈折率を達成できるようにするために最下層のパッキング密度が 49% しかない。このタイプの低いパッキング密度は、その種の稠密でない層が環境効果の影響を受けやすく、したがって、時間の関数として比較的短時間でその光学特性を変化させることから不都合である。

【0072】

例示的实施態様 4

表 4 は、合計で 7 つの層を包含する反射防止コーティングの別の例示的实施態様についての層仕様を与える。図 8 は、s 偏光、p 偏光、および非偏光に対する反射係数が、この反射防止コーティングについて入射角の関数としてそれぞれプロットされたグラフを示している。

【0073】

【表 4】

層	1	2	3	4	5	6	7
材料	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>
QWOT	1.2	0.5	0.3	1.2	1.15	1.15	1.1
範囲	0.96-1.44	0.4-0.91	0.2-0.4	0.59-1.1	1.06-1.24	1.06-1.2	1.0-1.2

表 4：層仕様の例示的实施態様 4

【0074】

s 偏光および p 偏光に対する反射係数は、 $0^\circ$  と  $60^\circ$  の入射角の間において非常にわずかにしか変化せず、詳細には  $0.1\%$  を超えない。 $4\%$  においては、 $20^\circ$  と  $50^\circ$  の間の角度範囲内で絶対値  $R_s$  および  $R_p$  が同様に非常に類似している。この反射防止コーティングは、したがって、前述の範囲内の入射角を伴って光が斜めにだけ、または少なくとも主として斜めに衝突する光学エレメントに特に適している。

#### 【0075】

表 4 の中で与えられている層仕様を用いる反射防止コーティングは、反射防止コーティングを通過した後の s 偏光と p 偏光の間における最小位相差を達成するためにも最適化されている。小さい位相差を得るためには、コーティングが可能な限り少ない層からなり、しかも少なくとも提供される層の厚さが可能な限り小さいことが好ましい。表 4 の中で与えられている層仕様と、例示的实施態様 3 の表 3 の中で与えられている層仕様を比較すると、この法則が満足され得ることがわかり、それによって許容不能に大きな差  $R = R_s - R_p$  は伴うことはない。例示的实施態様 4 においては、 $0^\circ$  と  $50^\circ$  の間の入射角に対して  $0.5^\circ$  未満であり、かつ  $70^\circ$  の入射角まで約  $6^\circ$  に達しない位相差が達成される。

#### 【0076】

すべての層が、表 4 の中で与えられている層仕様に基づいて約  $7\%$  薄く作られる場合には、特に小さい反射係数を伴う範囲が、図 9 のグラフによって明らかにされるとおり、より小さい入射角にシフトされることになる。この変更は、反射防止コーティングを  $0^\circ$  と約  $40^\circ$  の間の入射角に特に適したものにする。この入射角度範囲においては、s 偏光および p 偏光に対する反射係数  $R_s$  および  $R_p$  がいずれも約  $0.2\%$  未満であり、それらの反射係数の間の差  $R$  は、より小さい大きさの位数である。ここでは、位相差も同様に、より小さい入射角にシフトされる。したがって、 $70^\circ$  の入射角における位相差はいくぶん大きく、詳細には  $10^\circ$  になる。

#### 【0077】

例示的实施態様 5

例示的实施態様 2 および 3 においても、特に、より厚い層をより薄くすることが可能であれば、分相を低減することができる。

#### 【0078】

表 5 は、例示的实施態様 3 について表 3 の中に示されていた層仕様に基づく反射防止コーティングのための層仕様を示している。そこに規定されていたより厚い層 2、4、および 5 が、ここでは、はるかに薄くなっている。

#### 【0079】

#### 【表 5】

層	1	2	3	4	5	6	7	8
材料	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>	LaF <sub>3</sub>	MgF <sub>2</sub>
QWOT	2.4	0.2	1.1	0.4	0.3	1	1.25	1
範囲	1.8-2.6	0.05-0.4	0.3-1.4	0.05-0.4	0.05-0.4	0.8-1.5	1.2-1.5	0.9-1.1

表 5：層仕様の例示的实施態様 5

#### 【0080】

図 10 は、s 偏光、p 偏光、および非偏光に対する反射係数が、この反射防止コーティングについて入射角の関数としてそれぞれプロットされたグラフを示している。例示的实施態様 5 についての位相差は破線のラインを用いて、例示的实施態様 3 については、比較のために一点鎖線を用いてプロットされている。はるかに小さい位相差が層の厚さの低減によって約  $30^\circ$  を超える入射角に伴うことが明確に理解できる。それに対して



反射の振る舞いは、図 10 と 7 の比較によって示されるとおり、実行された修正によって有意に損なわれていない。

#### 【 0 0 8 1 】

##### 例示的实施態様 6

表 6 は、合計で 8 つの層を包含する反射防止コーティングの別の例示的实施態様についての層仕様を与える。図 11 は、図 10 に対応するグラフを示しており、そこには、p 偏光、s 偏光、および非偏光に対する反射係数をはじめ、位相差 が入射角の関数としてプロットされている。

#### 【 0 0 8 2 】

##### 【表 6】

層	1	2	3	4	5	6	7	8
材料	LaF <sub>3</sub>	チオライト	LaF <sub>3</sub>	チオライト	LaF <sub>3</sub>	チオライト	LaF <sub>3</sub>	チオライト
QWOT	0.82	0.49	0.15	1.19	2.15	1.77	0.64	1.410
範囲	0.4-0.85	0.3-0.55	0.3-0.55	1.15-1.7	1.9-2.15	1.7-1.8	0.5-0.95	1.15-1.4

表 6：層仕様の例示的实施態様 6

#### 【 0 0 8 3 】

この例示的实施態様に従った反射防止コーティングは、特に小さい位相差によって特徴付けられ、その絶対値は、0°と70°の間の入射角度範囲を通して5°を超えない。この反射防止コーティングでは、さらに、0°と約65°の間の角度範囲において位相差

が負になることが注目される。これは、この入射角度範囲内においては、その反射防止コーティングを通過するp偏光が、s偏光に対して遅延を伴うことを意味する。この普通でない振る舞いは、反射係数R<sub>s</sub>、R<sub>p</sub>について例示的实施態様2に関連して前述した方法と類似の方法で正の位相差の補償に使用することができる。ここでもまた、正の位相差を有する少なくとも1つの反射防止コーティングと負の分相を有する別の反射防止コーティングの組み合わせが、それら2つの反射防止コーティングを通過した後にs偏光およびp偏光が有意の位相差を持たなくなっているという効果を達成可能であることが事実となる。

#### 【 0 0 8 4 】

この場合には、たとえば、相当な正の位相差に対する多数の反射防止コーティングの寄与が、負の位相差を伴う単一の反射防止コーティングまたはいくつかの反射防止コーティングによって補償されることも可能である。ここでもまた、正の位相差を伴う反射防止コーティングと負の位相差を伴うものの角度範囲が必ずしも一致する必要はない。

#### 【 0 0 8 5 】

コンピュータ補助最適化方法、たとえば変分方法を、異なる反射防止コーティングの組み合わせによって、反射率および位相に関する実質的に偏光に中立の振る舞いを達成するために採用してもよい。

#### 【 0 0 8 6 】

概して言えば、第1の段階において、直交する偏光状態に対する反射率に全体として最小の差が得られるように反射防止コーティングを最適化することがもっとも単純となろう。第2の段階においては、1つまたはいくつか、たとえば4つの反射防止コーティングに残存する位相差を低減することができる。当然のことながら、位相差の低減を伴って開始し、その後について反射率を最適化することによって逆の手順を採用してもよい。反射率および位相差両方に関する同時の最適化も原理的に可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【 0 0 8 7 】

10

20

30

40

50

【図 1】本発明に従った投影露光装置を通る縦断面図である。

【図 2】本発明の例示的实施態様に従った反射防止コーティングを伴うレンズの断面図表現（縮尺に従わない）である。

【図 3】図 2 内に示されている反射防止コーティングの例示的实施態様について平均透過率が入射角の関数としてプロットされたグラフである。

【図 4】図 2 内に示されている例示的实施態様について s および p 偏光に対する透過係数の差が入射角の関数としてプロットされたグラフである。

【図 5】図 2 内に示されている例示的实施態様について s および p 偏光の間の位相差が入射角の関数としてプロットされたグラフである。

【図 6 - 9】別の例示的实施態様に従った反射防止コーティングについて s 偏光、p 偏光、および非偏光に対する反射係数がそれぞれ入射角の関数としてプロットされたグラフである。

10

【図 10 - 11】2つの別の例示的实施態様に従った反射防止コーティングについて s 偏光、p 偏光、および非偏光に対する反射係数をはじめ位相差がそれぞれ入射角の関数としてプロットされたグラフである。

【符号の説明】

【0088】

- 10 マイクロリソグラフィック投影露光装置；投影露光装置
- 12 照明システム
- 13 投影光ビーム；投影光
- 14 光源
- 16 照明光学系
- 17 減偏光子
- 18 視野開口
- 19 対物鏡
- 20 投影対物鏡
- 22 対物平面
- 24 マスク
- 26 感光層；層
- 28 イメージ平面
- 29 支持
- 30 光線
- 32 反射防止コーティング
- 34 表面
- 36 レンズ
- 38 p 偏光成分
- 40 s 偏光成分

20

30

【 図 1 】

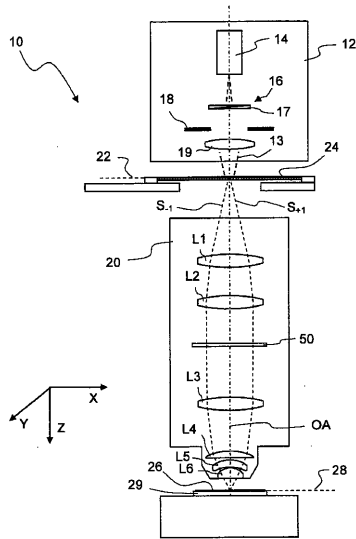


Fig. 1

【 図 2 】

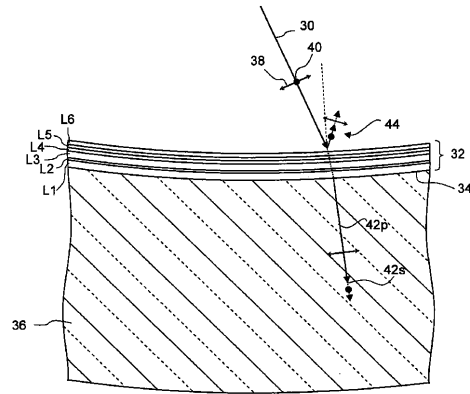


Fig. 2

【 図 3 】

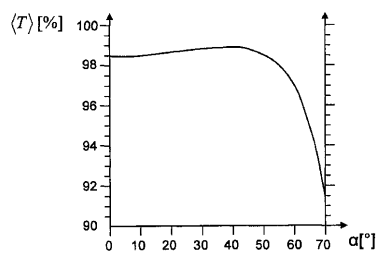


Fig. 3

【 図 5 】

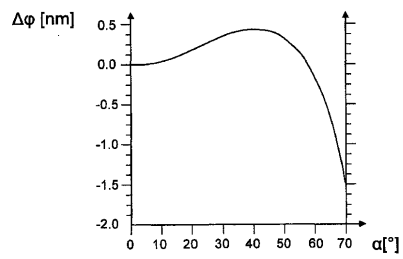


Fig. 5

【 図 4 】

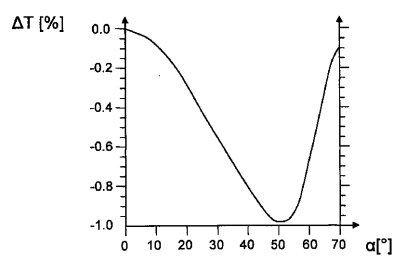


Fig. 4

【 図 6 】

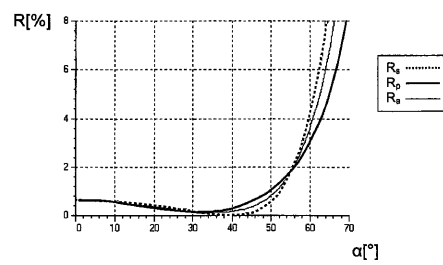


Fig. 6

【 図 7 】

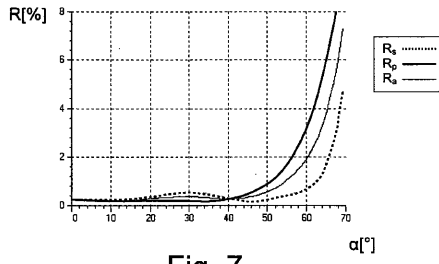


Fig. 7

【 図 9 】

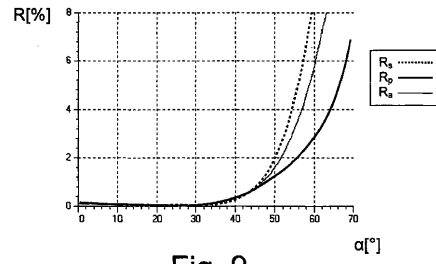


Fig. 9

【 図 8 】

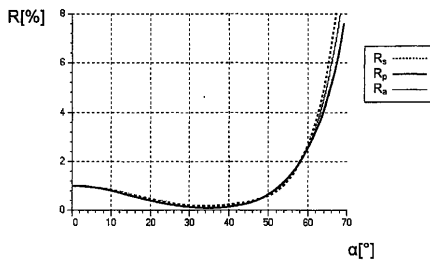


Fig. 8

【 図 1 0 】

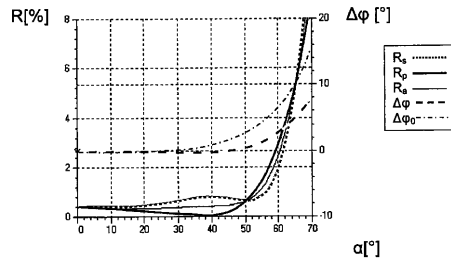


Fig. 10

【 図 1 1 】

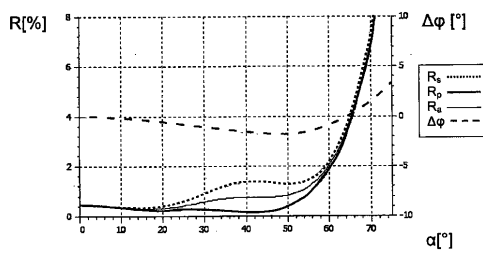


Fig. 11

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2006/008605

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. G03F7/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G03F H01L G02B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2004 302113 A (NIPPON KOGAKU KK) 28 October 2004 (2004-10-28) cited in the application abstract	1,31
Y	paragraph [0002] figures 1,12	5-13
X	EP 1 152 263 A1 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 7 November 2001 (2001-11-07)  abstract paragraphs [0005], [0057] - [0061] figures 1-3,6 tables 2,6  ----- -/--	14,17, 18,26, 34,36,37
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" 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 "E" earlier document but published on or after the international filing date "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) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  21 December 2006		Date of mailing of the international search report  22.03.2007
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Menck, Alexander

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/008605

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 994 368 A2 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 19 April 2000 (2000-04-19) cited in the application abstract paragraph [0002] figure 1 claim 4	28,30
Y	----- WO 2005/069078 A (ZEISS CARL SMT AG [DE]; FIOLKA DAMIAN [DE]) 28 July 2005 (2005-07-28) abstract figure 1 page 4, line 20 - page 7, line 17	5-13
A	----- US 6 404 499 B1 (STOELDRAIJER JUDOCUS M D [NL] ET AL) 11 June 2002 (2002-06-11) abstract figures 1,2,3a,3b,4 -----	5-13

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

## Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

## Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

## SEE SUPPLEMENTAL SHEET

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

**see annex**

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

EP2006/008605

Box No. IV Text of the abstract (Continuation of item 5 of the first sheet)

Continuation of Box III

The International Searching Authority has determined that this international application contains multiple (groups of) inventions, as follows:

1. Claims: 1, 5-13 (insofar as dependent on claim 1), 14-24, 26, 28-37

The prior art, D1, discloses an optical element for projection lithography, the transmission coefficient of which has low sensitivity to orthogonal polarisations.

Special technical feature: the special arrangement of layers, which ensures that polarisation differences in the transmission are optimally minimised.

Problem addressed: minimising the proportion of polarised light in the projection lighting device.

2. Claims: 2, 5-13 (insofar as dependent on claim 2)

The prior art, D1, discloses an optical element for projection lithography, the transmission coefficient of which has low sensitivity to orthogonal polarisations.

Special technical feature: the layer on the substrate material reflects with a minimal reflection coefficient difference.

Problem addressed: no disadvantageous light polarisation occurs in the beam path in the projection lighting device, after reflective surfaces.

3. Claims: 3, 5-13 (insofar as dependent on claim 3)

The prior art, D1, discloses an optical element for projection lithography, the transmission coefficient of which has low sensitivity to orthogonal polarisations.

Special technical feature: the totality of all transmitting surfaces of a projection lighting device exhibits uniform transmission for orthogonal polarisations.

Technical problem addressed: no polarisation effects on the wafer.

4. Claims: 4, 5-13 (insofar as dependent on claim 4)

The prior art, D1, discloses an optical element for projection lithography, the transmission coefficient of which has low sensitivity to orthogonal polarisations.

Special technical feature: the totality of all reflecting surfaces of a projection lighting device exhibits uniform reflection for orthogonal polarisations.

Technical problem addressed: no optical surfaces are required to compensate changes in polarisation due to reflective surfaces.

5. Claims: 25, 27

The prior art, D1, discloses an optical element for projection lithography, the transmission coefficient of which has low sensitivity to orthogonal polarisations.

Special technical feature: the materials used to implement a polarisation-independent anti-reflection layer have refractive indices over 1.35.

Technical problem addressed: minimising negatives influences from the surrounding atmosphere on the layers (degradation) caused by the layer packing density.



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/008605

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2004302113	A	28-10-2004	NONE	
EP 1152263	A1	07-11-2001	AU 7451600 A	30-04-2001
			WO 0123914 A1	05-04-2001
			JP 3509804 B2	22-03-2004
			US 6574039 B1	03-06-2003
EP 0994368	A2	19-04-2000	NONE	
WO 2005069078	A	28-07-2005	US 2007024837 A1	01-02-2007
US 6404499	B1	11-06-2002	JP 2000058442 A	25-02-2000
			TW 445212 B	11-07-2001

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/008605

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
INV. G03F7/20

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
G03F H01L G02B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	JP 2004 302113 A (NIPPON KOGAKU KK) 28. Oktober 2004 (2004-10-28) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung	1,31
Y	Absatz [0002] Abbildungen 1,12	5-13
X	EP 1 152 263 A1 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 7. November 2001 (2001-11-07)  Zusammenfassung Absätze [0005], [0057] - [0061] Abbildungen 1-3,6 Tabellen 2,6	14,17, 18,26, 34,36,37

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Dezember 2006

Abschließendes Datum des internationalen Recherchenberichts

22.03.2007

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlehn 2  
NL-2280 HV Rijswijk  
Tel.: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Menck, Alexander

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/008605

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 994 368 A2 (NIPPON KOGAKU KK [JP]) 19. April 2000 (2000-04-19) in der Anmeldung erwähnt Zusammenfassung Absatz [0002] Abbildung 1 Anspruch 4	28,30
Y	WO 2005/069078 A (ZEISS CARL SMT AG [DE]; FIOLKA DAMIAN [DE]) 28. Juli 2005 (2005-07-28) Zusammenfassung Abbildung 1 Seite 4, Zeile 20 - Seite 7, Zeile 17	5-13
A	US 6 404 499 B1 (STOELDRAIJER JUDOCUS M D [NL] ET AL) 11. Juni 2002 (2002-06-11) Zusammenfassung Abbildungen 1,2,3a,3b,4	5-13

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

 Internationales Aktenzeichen  
 PCT/EP2006/008605

## Feld II Bemerkungen zu den Ansprüchen, die sich als nicht recherchierbar erwiesen haben (Fortsetzung von Punkt 2 auf Blatt 1)

Gemäß Artikel 17(2)a) wurde aus folgenden Gründen für bestimmte Ansprüche kein Recherchenbericht erstellt:

1. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Gegenstände beziehen, zu deren Recherche die Behörde nicht verpflichtet ist, nämlich \_\_\_\_\_
2. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil sie sich auf Teile der internationalen Anmeldung beziehen, die den vorgeschriebenen Anforderungen so wenig entsprechen, daß eine sinnvolle internationale Recherche nicht durchgeführt werden kann, nämlich \_\_\_\_\_
3. ☐ Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_  
weil es sich dabei um abhängige Ansprüche handelt, die nicht entsprechend Satz 2 und 3 der Regel 6.4 a) abgefaßt sind.

## Feld III Bemerkungen bei mangelnder Einheitlichkeit der Erfindung (Fortsetzung von Punkt 3 auf Blatt 1)

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, daß diese internationale Anmeldung mehrere Erfindungen enthält:

**siehe Zusatzblatt**

1. ☐ Da der Anmelder alle erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht auf alle recherchierbaren Ansprüche.
2. ☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Behörde nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.
3. ☐ Da der Anmelder nur einige der erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren rechtzeitig entrichtet hat, erstreckt sich dieser internationale Recherchenbericht nur auf die Ansprüche, für die Gebühren entrichtet worden sind, nämlich auf die Ansprüche Nr. \_\_\_\_\_
4. ☒ Der Anmelder hat die erforderlichen zusätzlichen Recherchegebühren nicht rechtzeitig entrichtet. Der internationale Recherchenbericht beschränkt sich daher auf die in den Ansprüchen zuerst erwähnte Erfindung; diese ist in folgenden Ansprüchen erfaßt:  
**see annex**

## Bemerkungen hinsichtlich eines Widerspruchs

- ☐ Die zusätzlichen Gebühren wurden vom Anmelder unter Widerspruch gezahlt.
- ☐ Die Zahlung zusätzlicher Recherchegebühren erfolgte ohne Widerspruch.

Internationales Aktenzeichen PCT/ EP2006/ 008605

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Die internationale Recherchenbehörde hat festgestellt, dass diese internationale Anmeldung mehrere (Gruppen von) Erfindungen enthält, nämlich:

1. Ansprüche: 1, 5 - 13 (insofern als von Anspruch 1 abhängig), 14 - 24, 26, 28 - 37

Stand der Technik: D1; offenbart ein optisches Element für die Projektionslithographie, dessen Transmissionskoeffizient eine geringe Sensitivität für orthogonale Polarisationen hat.

Besonders technisches Merkmal: Die spezielle Anordnung der Schichten, die dafür sorgt, dass die Polarisationsunterschiede in der Transmission optimal minimiert werden.

Gelöstes Problem: Minimierung der Anteile polarisierten Lichts in der Projektionsbelichtungsanlage.  
---

2. Ansprüche: 2, 5 - 13 (insofern als von Anspruch 2 abhängig)

Stand der Technik: D1; offenbart ein optisches Element für die Projektionslithographie, dessen Transmissionskoeffizient eine geringe Sensitivität für orthogonale Polarisationen hat.

Besonderes technisches Merkmal: Die Schicht auf dem Trägermaterial reflektiert mit minimalem Reflektionskoeffizientunterschied.

Gelöstes Problem: Im Strahlverlauf in der Projektionsbelichtungsanlage tritt nach Spiegelflächen keine nachteilige Polarisation des Lichts auf.  
---

3. Ansprüche: 3, 5 - 13 (insofern als von Anspruch 3 abhängig)

Stand der Technik: D1; offenbart ein optisches Element für die Projektionslithographie, dessen Transmissionskoeffizient eine geringe Sensitivität für orthogonale Polarisationen hat.

Besonderes technisches Merkmal: Die Gesamtheit aller transmittierenden Flächen einer Projektionsbelichtungsanlage hat gleichmäßige Transmission für die orthogonalen Polarisationen.

Gelöstes technische Problem: Keine Polarisationseffekte auf dem Wafer.  
---

4. Ansprüche: 4, 5 - 13 (insofern als von Anspruch 4 abhängig)

Internationales Aktenzeichen PCT/ EP2006/ 008605

## WEITERE ANGABEN

PCT/ISA/ 210

Stand der Technik: D1; offenbart ein optisches Element für die Projektionslithographie, dessen Transmissionskoeffizient eine geringe Sensitivität für orthogonale Polarisationen hat.

Besonderes technisches Merkmal: Die Gesamtheit aller reflektierenden Flächen in der Projektionsbelichtungsanlage hat gleichmässige Reflektion für die orthogonalen Polarisationen.

Gelöstes technisches Problem: Keine optischen Flächen zum Ausgleich von Polarisationsänderungen durch reflektive Flächen erforderlich.

---

## 5. Ansprüche: 25,27

Stand der Technik: D1; offenbart ein optisches Element für die Projektionslithographie, dessen Transmissionskoeffizient eine geringe Sensitivität für orthogonale Polarisationen hat.

Besonders technisches Merkmal: Die Materialien zur Realisierung einer polarisationsunabhängigen Antireflexschicht haben Brechzahlen über 1.35.

Gelöstes technisches Problem: Minimierung negativer Einflüsse der Umgebungsatmosphäre auf die Schichten (Degradation) durch die Packungsdichte der Schichten.

---

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/008605

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2004302113 A	28-10-2004	KEINE	
EP 1152263 A1	07-11-2001	AU 7451600 A	30-04-2001
		WO 0123914 A1	05-04-2001
		JP 3509804 B2	22-03-2004
		US 6574039 B1	03-06-2003
EP 0994368 A2	19-04-2000	KEINE	
WO 2005069078 A	28-07-2005	US 2007024837 A1	01-02-2007
US 6404499 B1	11-06-2002	JP 2000058442 A	25-02-2000
		TW 445212 B	11-07-2001

## 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, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 クラマー, ダニエル

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 1 アーレン・ニーチェシュトラセ・3 3

(72)発明者 グリュナー, トラルフ

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 3 アーレン・ホップフェン・オパールシュトラセ・2 2

(72)発明者 ヴァイセンリーデル, カール - シュテファン

ドイツ連邦共和国・8 9 2 7 5 エルヒンゲン・フロリアンスヴェーク・1 2

(72)発明者 フェルトマン, ヘイコ

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 2 アーレン・ドルフミュレ・4

(72)発明者 ツィルケル, エイキム

ドイツ連邦共和国・8 1 5 4 5 ミュンヘン・ラベンコップシュトラセ・5 2

(72)発明者 パッツィディス, アレキサンドラ

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 1 アーレン・ハンボルトシュトラセ・1 3

(72)発明者 トメ, ブルーノ

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 3 アーレン・フリードリッヒ - エバート - シュトラセ・2 0

(72)発明者 シックス, ステファン

ドイツ連邦共和国・ディ - 7 3 4 3 1 アーレン・ハンナ - アレント - シュトラセ・7

F ターム(参考) 2H042 AA11 AA25

2K009 AA09 BB02 CC06 DD04

5F046 BA03 CB01 CB02 CB08 CB23 DA01