

(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2005-524985

(P2005-524985A)

(43) 公表日 平成17年8月18日(2005.8.18)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/027	HO 1 L 21/30 5 1 5 D	2 H 0 8 7
GO 2 B 17/08	GO 2 B 17/08 A	2 H 0 9 7
GO 3 F 7/20	GO 3 F 7/20 5 0 1	5 F 0 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2004-504053 (P2004-504053)  
 (86) (22) 出願日 平成14年11月13日 (2002.11.13)  
 (85) 翻訳文提出日 平成16年10月27日 (2004.10.27)  
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2002/012690  
 (87) 国際公開番号 W02003/096124  
 (87) 国際公開日 平成15年11月20日 (2003.11.20)  
 (31) 優先権主張番号 PCT/EP02/05050  
 (32) 優先日 平成14年5月8日 (2002.5.8)  
 (33) 優先権主張国 欧州特許庁 (EP)

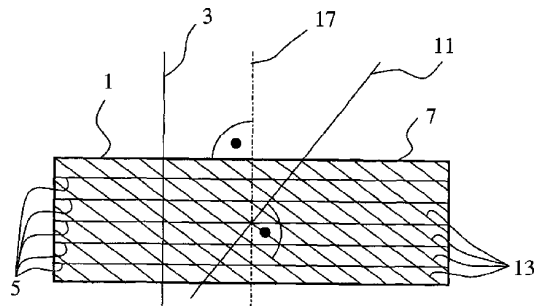
(71) 出願人 502057795  
 カール・ツアイス・エスエムテイ・アーゲー  
 ドイツ国 デー-73447 オバルコツ  
 ェン、カール ツアイス ストラッセ 2  
 2  
 (74) 代理人 100064621  
 弁理士 山川 政樹  
 (74) 代理人 100098394  
 弁理士 山川 茂樹  
 (72) 発明者 エンキッシュ, バーギット  
 ドイツ連邦共和国・73431 アーレン  
 ・シェリングシュトラッセ・29/1

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結晶材料からなるレンズ

(57) 【要約】

本発明は、対物レンズ、特にマイクロソグラフィ投影露光装置用の投影対物レンズ用のレンズまたはレンズ部分製造の前駆体としての結晶材料からなる光学ブランク(1)の製造方法に関する。この方法において、まず一定の結晶構造内部で配向した第1結晶方向(3)の配向が決定される。次に、第1結晶方向(3)が光学ブランク(1)の光学粗平面(7)と本質的に垂直になるように光学ブランク(1)が加工される。次に、第1結晶方向(3)に対して零と異なる角度を取る第2結晶方向(11)と一定の関係がある光学ブランク(1)または光学ブランク(1)の保持フレーム上にマーキングが塗布される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

対物レンズ(71、8)、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置(111)用の投影対物レンズ用のレンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分の製造のための前駆体としての結晶材料からなる光学ブランク(1)の製造方法であって、

a) 一定の結晶構造内部で配向している第1結晶方向(3)の配向を決定するステップと、

b) 第1結晶方向(3)が光学ブランク(1)の光学粗平面(7)に本質的に直角になるように光学ブランク(1)を加工するステップと、

c) 光学ブランク(1)または光学ブランク(1)の保持フレームにマーキング(15)を設けるステップであって、マーキング(15)が第1結晶方向(3)に対して零と異なる角度を有する第2結晶方向(11)と一定の関係にあるマーキングを設けるステップとを有することを特徴とする方法。 10

## 【請求項 2】

マーキング(15)が、第1結晶方向(3)に直角な基準方向(9)を示し、基準方向(9)が第1結晶方向(3)に直角に置かれた平面への第2結晶方向(11)の投影である請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

第1結晶方向(3)が、その第1結晶方向(3)に属する第1結晶面群(5)のブラッグ反射の方向を測定することによって決定される請求項1または2に記載の方法。 20

## 【請求項 4】

第1結晶方向(3)が、ブランクの光学粗平面(7)と直角な軸(17)に対して互いに挟まれた複数の測定位置での結晶面群(5)のブラッグ反射の被測定方向を比較することによって決定される請求項3に記載の方法。

## 【請求項 5】

第1結晶方向(3)が、 $\langle 100 \rangle$ 結晶方向または $\langle 111 \rangle$ 結晶方向または $\langle 110 \rangle$ 結晶方向あるいは前記結晶方向と等価な結晶方向を向いている請求項1から4のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 6】

結晶材料がフッ化カルシウム、フッ化ストロンチウムまたはフッ化バリウムである請求項1から5のいずれか一項に記載の方法。 30

## 【請求項 7】

基準方向(9)が、第2結晶方向(11)に属する結晶面群(13)のブラッグ反射の方向を測定することによって決定される請求項1から6のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 8】

基準方向(9)がラウエ法によって決定される請求項1から6のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 9】

第1結晶方向(3)に直角な平面への投影が基準方向(9)と平行である光線が、2つの互いに直交する直線偏光状態に対して最大または最小の光路差を生じる請求項1から8のいずれか一項に記載の方法。 40

## 【請求項 10】

第1結晶方向(3)が、 $\langle 100 \rangle$ 結晶方向または $\langle 100 \rangle$ 結晶方向と等価な結晶方向または $\langle 111 \rangle$ 結晶方向または $\langle 111 \rangle$ 結晶方向と等価な結晶方向を向き、第1結晶方向(3)と直角な平面への第2結晶方向(11)の投影が、第1結晶方向と直角な平面への $\langle 110 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向の投影と平行である請求項1から9のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 11】

第1結晶方向(3)が $\langle 111 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向き、第2結晶方向(11)が $\langle 331 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向き、あるいは、第 50

1 結晶方向 (3) が  $\langle 100 \rangle$  結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向き、第2結晶方向 (11) が  $\langle 511 \rangle$  結晶方向またはそれと等価な結晶方向である請求項1から9のいずれか一項に記載の方法。

【請求項12】

ブラッグ測定放射線によって透過された光学ブランク (1) の材料領域が切除される請求項2から11のいずれか一項に記載の方法。

【請求項13】

第1結晶方向 (3) と本質的に直角な光学粗平面 (7) を備えた、対物レンズ (71、8)、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置 (111) 用の投影対物レンズ用のレンズ (31、51、73、75、77、79) またはレンズ部分の製造のための出発製品としての、結晶材料からなる光学ブランク (1) であって、

10

光学ブランク (1) または光学ブランク (1) の保持フレームが、第1結晶方向 (3) に対して零と異なる角度である第2結晶方向 (11) と一定の関係にあるマーキング (15) を有する光学ブランク。

【請求項14】

マーキング (15) が、第1結晶方向 (3) に直角な基準方向 (9) の方向を示し、基準方向 (9) が第1結晶方向 (3) と直角な平面への第2結晶方向 (11) の投影である請求項13に記載の光学ブランク (1)。

【請求項15】

請求項1から12のいずれか一項に記載の方法によって製造される請求項13または14に記載の光学ブランク (1)。

20

【請求項16】

d) 第1結晶方向 (3、55) の方向が本質的にレンズ軸 (35、53) と平行である、レンズ (31) またはレンズ部分を成形するステップを特徴とする請求項13から15のいずれか一項に記載の光学ブランク (1) からなるレンズ (31、51、73、75、77、79) またはレンズ部分の製造方法。

【請求項17】

e) レンズ軸 (53) と第1結晶方向 (55) との間の角度偏差を決定するステップと

f) レンズ軸 (53) と直角な偏差方向 (63、95、97) を決定するステップであって、偏差方向 (63、95、97) がレンズ軸 (53) と直角な平面への第1結晶方向 (55) の投影である決定するステップと、

30

g) レンズ (51、77、79) またはレンズ部分あるいは前記レンズ (51、77、79) もしくはレンズ部分の保持フレームに偏差方向 (63、95、97) をマーキングし、かつ/または基準方向 (69) と偏差方向 (63、95、97) との間の角度を決定し、レンズ (51、77、79) またはレンズ部分への前記角度を指示するステップとを有する請求項16に記載の方法。

【請求項18】

a1) 一定の結晶構造内部に配向された第1結晶方向 (3、55) の方向が本質的にレンズ軸 (35、53) と平行である、レンズ (31、51、73、75、77、79) またはレンズ部分を成形するステップと、

40

b1) レンズ (31、51、73、75、77、79) またはレンズ部分あるいは前記レンズ (31) またはレンズ部分の保持フレーム (33) にマーキング (15、37、67、83、85、99、101) を設けるステップであって、マーキング (15、37、67、83、85、99、101) が第1結晶方向 (3、55) に対して零と異なる角度である第2結晶方向 (11、59) と一定の関係にある設けるステップとを有することを特徴とする、結晶材料からなるレンズ (31、51、73、75、77、79) またはレンズ部分の製造方法。

【請求項19】

マーキング (15、37、67、83、85、99、101) が、レンズ軸 (35、5

50

3)と直角な基準方向(9、69、87、89、103、105)の方向を示し、基準方向(9、69、87、89、103、105)がレンズ軸(35、53)と直角な平面への第2結晶方向(11、59)の投影である請求項18に記載の方法。

【請求項20】

レンズ軸(35、53)が本質的に<100>結晶方向または<100>結晶方向と等価な結晶方向または<111>結晶方向または<111>結晶方向と等価な結晶方向または<110>結晶方向または<110>結晶方向と等価な結晶方向を向いている請求項18または19に記載の方法。

【請求項21】

結晶材料がフッ化カルシウム、フッ化ストロンチウムまたはフッ化バリウムである請求項18から20のいずれか一項に記載の方法。 10

【請求項22】

基準方向(9、69、87、89、103、105)の位置が、第2結晶方向(11、59)に属する結晶面群(13、61)のブラッグ反射の方向を測定することによって決定される請求項18から21のいずれか一項に記載の方法。

【請求項23】

基準方向(9、69、87、89、103、105)の位置がラウエ法によって決定される請求項18から22のいずれか一項に記載の方法。

【請求項24】

第1結晶方向(3、55)と直角な平面への投影が基準方向(9、69、87、89、103、105)と平行である光線が、2つの互いに直交する直線偏光状態に対して最大または最小の光路差を生じる請求項18から23のいずれか一項に記載の方法。 20

【請求項25】

第1結晶方向(3、55)が、<100>結晶方向または<100>結晶方向と等価な結晶方向または<111>結晶方向または<111>結晶方向と等価な結晶方向を向き、第1結晶方向と直角な平面への第2結晶方向(11、59)の投影が、第1結晶方向(3、55)と直角な平面への<110>結晶方向またはそれと等価な結晶方向の投影と平行である請求項18から24のいずれか一項に記載の方法。

【請求項26】

レンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分を成形する際に、ブラッグ測定放射線が透過したレンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分の材料領域が切除される請求項22から25のいずれか一項に記載の方法。 30

【請求項27】

c1)レンズ軸(53)と第1結晶方向(55)との間の角度偏差を決定するステップと、

d1)レンズ軸(53)に直角な偏差方向(63、95、97)を決定するステップであって、偏差方向(63、95、97)がレンズ軸(53)と直角な平面への第1結晶方向(55)の投影である決定するステップと、

e1)レンズ(51、77、79)またはレンズ部分または前記レンズ(51、77、79)またはレンズ部分の保持フレームに偏差方向(63、95、97)をマーキングし、かつ/または基準方向(69)と偏差方向(63、95、97)との間の角度を決定し、レンズ(51、77、79)またはレンズ部分への前記角度を指示するステップとを有する請求項18から26のいずれか一項に記載の方法。 40

【請求項28】

対物レンズ(71、8)、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置(111)用の投影対物レンズ用のレンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分であって、

前記レンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分が結晶材料からなり、

レンズ(31、51)またはレンズ部分のレンズ軸(35、53)が本質的に第1結晶 50

方向(3、55)の方向であり、レンズ(31、51)またはレンズ部分あるいは前記レンズ(31)またはレンズ部分の保持フレーム(33)が、第1結晶方向(3、55)に対して零と異なる角度である第2結晶方向(11、59)と一定の関係にあるマーキング(15、37、67、83、85、99、101)を有するレンズまたはレンズ部分。

【請求項29】

マーキング(15、37、67、83、85、99、101)が、第1結晶方向(3、55)に直角な基準方向(9、69、87、89、103、105)の方向を示し、基準方向(9、69、87、89、103、105)が第1結晶方向(3、55)と直角な平面への第2結晶方向(11、59)の投影である請求項28に記載のレンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分。

10

【請求項30】

レンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分が請求項18から27のいずれか一項によって製造される請求項28または29に記載のレンズ(31、51、73、75、77、79)またはレンズ部分。

【請求項31】

レンズ(51、77、79)またはレンズ部分あるいは前記レンズもしくはレンズ部分の保持フレームが、光軸(53)に直角であり、かつ光軸(53)と直角な平面への第1結晶方向(55)の投影である偏差方向(63、95、97)をマークするもう1つのマーキング(65、91、93)を有する請求項28から30のいずれか一項に記載のレンズ(51、77、79)またはレンズ部分。

20

【請求項32】

対物レンズ(71、8)、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置(111)用の投影対物レンズ用のレンズ(51、77、79)またはレンズ部分であって、

前記レンズ(51、77、79)またはレンズ部分が結晶材料からなり、レンズ(51、77、79)またはレンズ部分のレンズ軸(53)が本質的に第1結晶方向(55)の方向であり、レンズ(51、77、79)またはレンズ部分あるいは前記レンズまたはレンズ部分の保持フレームが、光軸(53)と直角な偏差方向(63、95、97)をマークし、かつ光軸(53)と直角な平面への第1結晶方向(55)の投影である、マーキング(65、91、93)を有するレンズまたはレンズ部分。

【請求項33】

請求項28から31のいずれか一項に記載の少なくとも1つのレンズ(73、75、77、79、L801~L817、127)または少なくとも1つのレンズ部分を備えた対物レンズ(71、8、119)、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置(111)用の投影対物レンズ。

30

【請求項34】

少なくとも2つのレンズ(73、75、77、79、L801~L817、127)またはレンズ部分の各々2つの基準方向(87、89、103、105)の間でそれぞれ所定の回転角になるように、そのレンズ軸周りに擦じれて配置された請求項28から31のいずれか一項に記載の少なくとも2つのレンズ(73、75、77、79、L801~L817、127)またはレンズ部分を備えた請求項33に記載の対物レンズ(71、8、119)。

40

【請求項35】

少なくとも2つのレンズ(73、75、77、79、L801~L817、127)またはレンズ部分が立方晶系の結晶構造を有するフッ化物結晶からなり、回転角がフッ化物結晶の複屈折特性に基づき決定される請求項34に記載の対物レンズ(71、8、119)。

【請求項36】

少なくとも2つのレンズ(77、79)またはレンズ部分においてレンズ軸と第1結晶方向との間にそれぞれ1つの角度偏差が発生し、回転角がフッ化物結晶の複屈折特性に基づき両方の角度偏差の考慮の下に決定される請求項35に記載の対物レンズ(71)。

50

**【請求項 37】**

少なくとも2つのレンズ(77、79)またはレンズ部分の各々2つの偏差方向(95、97)の間で所定の回転角になるように、そのレンズ軸周りに挟まれて配置された請求項32に記載の少なくとも2つのレンズ(77、79)またはレンズ部分を備えた、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置用の投影対物レンズ用の対物レンズ(71)。

**【請求項 38】**

少なくとも2つのレンズ(77、79)またはレンズ部分の各々が、レンズ軸と第1結晶方向との間の偏差に基づき対物レンズの光学的結像性能の妨害を惹起し、個々の妨害が本質的に補正されるように回転角が決定される請求項37に記載の対物レンズ(71)。

**【請求項 39】**

パターンを担持するマスク(117)の照明のための照明システム(115)と、前記パターンを担持するマスク(117)を感光性基板(121)上に結像する請求項33から38のいずれか一項に記載の対物レンズ(119)とを含む、マイクロリソグラフィ投影露光装置(111)。

10

**【請求項 40】**

請求項39に記載のマイクロリソグラフィ投影露光装置(111)による半導体素子の製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、結晶材料からなる光学ブランクの製造方法ならびに光学ブランクに関する。光学ブランクはレンズまたはレンズ部分製造の前駆体として利用される。したがって、本発明は結晶材料からなるレンズまたはレンズ部分の製造方法ならびにレンズまたはレンズ部分にも関する。この種のレンズまたはレンズ部分は、対物レンズ、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置用の投影対物レンズに使用される。したがって、本発明は対物レンズ、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置用の投影対物レンズにも関する。

20

**【背景技術】****【0002】**

フッ化物結晶からなる光学ブランクの製造方法は米国特許第6,201,634号から知られている。光学ブランクからマイクロリソグラフィ投影露光装置用の投影対物レンズ用のレンズが製造される。レンズのレンズ軸は、好ましくは $\langle 111 \rangle$ 結晶方向を向いている。 $\langle 111 \rangle$ 結晶方向は、応力複屈折の妨害的影響が最小限になるように、米国特許第6,201,634号に従って選択される。

30

**【0003】**

一般的に複屈折レンズは、それぞれ異なる偏光状態と異なる拡散速度と方向とを有する2光線に無偏光光を分離する。複屈折レンズを対物レンズに使用する場合、複屈折レンズは、対応する修正措置が講じられない場合、解像能の低下を引き起こす。レンズ中の複屈折作用は、たとえばレンズの製造方法または機械的応力によって条件付けられる応力複屈折によって惹起される。複屈折は特に結晶光学である役割を果たしている。異方性結晶は複屈折性である。

40

**【0004】**

しかしまた立方晶系フッ化物結晶のような等方性結晶は、特に真空紫外線(VUV)波長( $< 200 \text{ nm}$ )で顕著になる固有複屈折を有する。フッ化カルシウムやフッ化バリウムのような立方晶系フッ化物結晶は、好ましくは前記波長領域に動作波長を有する投影対物レンズ用のレンズ材料である。そのため前記波長において好都合な措置によって前記結晶の妨害的に影響する固有複屈折が補正される。

**【0005】**

以下、結晶方向の一義的名称がある役割を果たすので、まずそのレンズ軸が一定の結晶方向を示す結晶方向、結晶面、レンズの名称に対するいくつかの表記法を導入する。

**【0006】**

50

結晶方向の指示は、記号「 $\langle$ 」と「 $\rangle$ 」の間で示し、結晶面の指示は記号「 $\{$ 」と「 $\}$ 」の間で示す。結晶方向はこの場合常に対応する結晶面の平面法線方向を指示する。したがって、結晶方向 $\langle 100 \rangle$ は結晶面 $\{100\}$ の平面法線方向を指示する。フッ化物結晶に属する立方晶系の結晶は、主結晶方向 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 1\ \bar{1}0 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 0 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ 、 $\langle 10\bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ 0\bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ 0\ 1 \rangle$ 、 $\langle 011 \rangle$ 、 $\langle 0\bar{1}1 \rangle$ 、 $\langle 0\ 1\ 1 \rangle$ 、 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 1\ \bar{1}\ 1 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ \bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ \bar{1}\ \bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 1 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 0 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ 、 $\langle 1\ 00 \rangle$ 、 $\langle 0\ 1\ 0 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ を有する。(訳注：本明細書において結晶の表記中の上バーはその前の数字の上に付く)

#### 【0007】

10

主結晶方向 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ 、 $\langle 1\ 00 \rangle$ 、 $\langle 0\ 1\ 0 \rangle$ 、 $\langle 0\ 0\ 1 \rangle$ は立方晶系結晶の対称性に基づき互いに等価であり、そのため前記主結晶方向を向く以下の結晶方向にはプレフィックス「 $(100)$ 」を付ける。前記主結晶方向と直角になる結晶面はそれに対応してプレフィックスとして「 $(100)$ 」を付ける。そのレンズ軸が前記主結晶方向と平行になるレンズはそれに対応してプレフィックスとして「 $(100)$ 」を付ける。

#### 【0008】

主結晶方向 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 1\ \bar{1}0 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 0 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 0 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ 、 $\langle 10\bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ 0\bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ 0\ 1 \rangle$ 、 $\langle 011 \rangle$ 、 $\langle 0\bar{1}1 \rangle$ 、 $\langle 0\ 1\ 1 \rangle$ は同様に互いに等価であり、そのため前記主結晶方向を向く以下の結晶方向にはプレフィックスとして「 $(110)$ 」を付ける。前記主結晶方向と直角になる結晶面はそれに対応してプレフィックスとして「 $(110)$ 」を付ける。そのレンズ軸が前記主結晶方向と平行になるレンズはそれに対応してプレフィックスとして「 $(110)$ 」を付ける。

20

#### 【0009】

主結晶方向 $\langle 111 \rangle$ 、 $\langle 1\ \bar{1}\ 1 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ \bar{1} \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 1 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 1 \rangle$ 、 $\langle 1\ 1\ 1 \rangle$ は同様に互いに等価であり、そのため前記主結晶方向を向く以下の結晶方向にはプレフィックス「 $(111)$ 」を付ける。前記主結晶方向と直角になる結晶面はそれに対応してプレフィックスとして「 $(111)$ 」を付ける。そのレンズ軸が前記主結晶方向と平行になるレンズはそれに対応してプレフィックスとして「 $(111)$ 」を付ける。

30

#### 【0010】

以下、上記主結晶方向の1つに該当する表示は常に等価な主結晶方向に適用する。

#### 【0011】

J. Burnettらの論文「Intrinsic birefringence in calcium fluoride and barium fluoride」(Physical Review B, Volume 64 (2001), 241102-1~241102-4頁)から、フッ化カルシウム結晶とフッ化バリウム結晶からなるレンズが固有複屈折を有することが知られている。固有複屈折は、この場合、フッ化物結晶レンズと光線方向の材料配向に強く依存する。該固有複屈折はレンズが $(110)$ 結晶方向に沿って透過する光線に最大の影響を及ぼす。ここに提示された測定は、フッ化カルシウム結晶の場合の $(110)$ 結晶方向中の光線拡散時に波長 $\lambda = 156.1\text{ nm}$ で $(11.8 \pm 0.4)\text{ nm/cm}$ 、波長 $\lambda = 193.09\text{ nm}$ で $(3.6 \pm 0.2)\text{ nm/cm}$ 、波長 $\lambda = 253.65\text{ nm}$ で $(0.55 \pm 0.07)\text{ nm/cm}$ の複屈折が現れることを示している。 $(100)$ 結晶方向と $(111)$ 結晶方向における光線拡散でフッ化カルシウムは反対に、理論によっても予言されているように、固有複屈折をもたない。そのため、固有複屈折は強い方向依存性であり、小さくなる波長と共に明らかに増大する。

40

#### 【0012】

J. Burnettらの論文「The trouble with calcium fluoride」(spie's oemagazine, March 2002, 2

50

3～25頁、<http://oemagazine.com/fromTheMagazine/mar02/biref.html>)において、図4に立方晶系の結晶構造をもつフッ化物結晶中の固有複屈折の角度依存性が示されている。光線の固有複屈折はこの場合光線の開き角にも方位角にも依存する。図4から、固有複屈折は、レンズ軸が(100)結晶方向を向いている場合は4倍の方位角対称性、レンズ軸が(111)結晶方向を向いている場合は3倍の方位角対称性、レンズ軸が(110)結晶方向を向いている場合は2倍の方位角対称性を有することが明らかである。そのレンズ軸周りの2個のフッ化物結晶レンズの相互捻じれによって、固有複屈折の妨害的影響を低減することができる。そのレンズ軸が(100)結晶方向を向いている2つのレンズの場合は回転角 $45^\circ$ が好都合であり、そのレンズ軸が(111)結晶方向を向いている2つのレンズの場合は回転角 $60^\circ$ が好都合であり、そのレンズ軸が(110)結晶方向を向いている2つのレンズの場合は回転角 $90^\circ$ が好都合である。対になった(100)、(111)、(110)レンズの同時使用によって2つの互いに直交する偏光状態に対する光路差を低減させることができる。さらに前記論文の図2により、フッ化バリウムとフッ化カルシウムに対して比較しうる結晶方向に対する複屈折は反対の記号を有するので、フッ化カルシウム・レンズとフッ化バリウム・レンズの同時使用によっても固有複屈折の妨害的影響の補正が生じる。

10

#### 【0013】

投影対物レンズとマイクロソグラフィ投影露光装置は、たとえば国際特許出願公開WO01/50171A1号(米国特許出願第10/177580号)およびその中の引用文献から知られている。この出願の実施形態は、駆動波長193nmと157nmにおいて開口数0.8と0.9を有する純屈折性およびカタジオプティック投影対物レンズである。レンズ材料としてフッ化カルシウムが使用される。

20

#### 【0014】

本出願人の未公開の特許出願PCT/EP02/05050に、たとえばWO01/50171A1(米国特許出願第10/177580号)の実施形態における固有複屈折の妨害的影響を低減するための、種々の補正方法が記載されている。とりわけ、同じフッ化物結晶からなる(111)レンズまたは(110)レンズと(100)レンズの平行使用ならびに補正被覆の使用が開示されている。この出願の開示内容は全面的に本出願に併せて採用することにする。

30

#### 【0015】

複屈折の妨害的影響の低減のための上記補正方法は、とりわけそれによって互いにレンズ軸周りに捻じれたレンズの使用に基づく。2つのレンズの間の回転角はこの場合、たとえばレンズのレンズ軸がどの結晶方向を向いているかによって左右される。上記米国特許第6,201,634号記載の方法によって製造されるレンズの場合、レンズ軸はたとえば(111)結晶方向を向いている。固有複屈折の妨害的影響の低減のために、この上記した場合において2つの(111)レンズの間に好都合な $60^\circ$ の回転角が生じる。回転角はこの場合両方のレンズの結晶構造に関係する。しかしながら、この結晶構造は一方のレンズの外部から見ることはできない。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

40

#### 【0016】

本発明の課題は、ここでレンズまたはレンズ部分を製造する前駆体としての結晶材料からなる光学ブランクのための製造方法を提示することである。この方法は、続いて、前記光学ブランクから製造されたレンズまたはレンズ部分を対物レンズに使用する際に、その結晶構造に関して所定の角度だけ互いに捻じらせて配置できることを考慮している。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0017】

この課題は、請求項1に記載の結晶材料からなる光学ブランクの製造方法、請求項13に記載の光学ブランク、請求項16、18に記載の結晶材料からなるレンズまたはレンズ部分の製造方法、請求項28、32に記載のレンズまたはレンズ部分、請求項33、37

50



に記載の対物レンズ、請求項 39 に記載のマイクロソグラフィ投影露光装置、請求項 40 に記載の半導体素子の製造方法によって解決される。

【0018】

本発明の好ましい実施態様は従属請求項の特徴から生じる。

【0019】

対物レンズにおいてレンズもしくはレンズ部分と対物レンズの基準方向との間または 2 つのレンズもしくはレンズ部分の間で、回転角がレンズまたはレンズ部分の結晶構造に対する所定の回転角を調節できるようにするため、各レンズもしくは各レンズ部分またはそれらの保持フレームがレンズまたはレンズ部分の結晶構造と一定の関係にあるマーキングを有する場合に好都合である。

10

【0020】

レンズ部分とは、たとえば光学的に継目なしに個々のレンズを連結したその個々のレンズである。まったく一般的にレンズ部分は個々のレンズの構成要素を表す。

【0021】

出発材料として光学ブランクに好ましい結晶は、たとえばフッ化カルシウム、フッ化バリウムまたはフッ化ストロンチウムのような立方晶系フッ化物結晶である。

【0022】

レンズまたはレンズ部分はその最終形状を有するまで、多数の成形と表面加工の工程ステップが必要である。レンズまたはレンズ部分は結晶材料からなるので、一般に出発材料として、たとえばすでに述べた米国特許第 6,201,634 号に記載の方法によって製造できる単結晶ブロックまたは単結晶インゴットが利用される。単結晶ブロックから、たとえば切削と研削によって初めに光学ブランクが仕上げられる。レンズまたはレンズ部分の前駆体を光学ブランクと呼ぶ。光学ブランクから 1 つまたは複数のレンズまたはレンズ部分を仕上げるができる。光学ブランクから複数のレンズまたはレンズ部分を仕上げる場合、光学ブランクは鋸引きによって個々の光学ブランクに切り分けられ、個々の光学ブランクは、このように処理した平面で光学的測定を実施できるようにするため、もう 1 つの加工ステップで研削および / または研磨される。このように処理した光学ブランクは次に円筒体形状の個々の材料円盤を形成する。

20

【0023】

ここで光学ブランクは、その平面法線が一定の結晶構造内部で配向した第 1 結晶方向を向いている光学粗平面を有するように、加工されるのが有利である。有利には、これは主結晶方向たとえば  $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 111 \rangle$  または  $\langle 110 \rangle$  結晶方向である。そのため初めに光学ブランクで第 1 結晶方向の方向を決定する必要がある。この決定は、この場合光学ブランクが個々の光学ブランクに切り分けられる前に、前記光学ブランクで実施することができる。初めに分割を行い、次に個々の光学ブランクでそれぞれ決定を行うことも可能である。光学ブランクは、ここで切削と研削によって、第 1 結晶方向がほぼ直角に光学粗平面に立つように加工される。好ましくは、第 1 結晶方向と光学粗平面との間の角度偏差は  $5^\circ$  未満である。光学粗平面はこの場合材料円盤の前面または裏面である。

30

【0024】

次のステップで光学ブランクまたはその保持フレーム上に、第 1 結晶方向に対して  $0^\circ$  と異なる角度を有する第 2 結晶方向と一定の関係にあるマーキングが付けられる。第 2 結晶方向はこの場合同様に主結晶方向または一定の結晶構造内部で配向した結晶方向、たとえば  $\langle 331 \rangle$  結晶方向または  $\langle 511 \rangle$  結晶方向でよい。

40

【0025】

マーキングは、たとえば光学ブランクの外部円筒体または固定して光学ブランクと接続した保持フレームで点状または線状の型彫としてよい。保持フレームはこの場合金属、セラミックまたはガラス・セラミックで構成してよい。

【0026】

第 2 結晶方向とマーキングとの間の一定の関係は、たとえば、マーキングが第 1 結晶方向と直角であり、その平面法線が第 1 結晶方向を向いている平面への第 2 結晶方向の投影

50

である基準方向を指示することによって製造できる。そこで本質的に第1結晶方向を向いている対称軸を有する円筒形の光学ブランクの場合、基準方向が好ましくは対称軸と交差する。マーキングは、この場合、たとえば光学ブランクの外部円筒体またはその保持フレームと基準方向の交点である。マーキングは、それによって光学ブランクと関係する座標系を基準とする投影された第2結晶方向の方位角も決める。方位角は基準方向と、直角に対称軸に立ちかつこの対称軸と交差する座標軸との間の角度として決められている。

【0027】

第1結晶方向の決定において、光学ブランクは測定放射線、特にX線測定放射線によって一定の方向から露光することができる。測定放射線は第1結晶方向に属する結晶面で、たとえば $\{111\}$ 結晶面で反射し、対応するブラッグ反射となる。測定放射線の波長および光学ブランクの材料が知られているので、第1結晶方向を基準とする入射と射出の測定放射線の目標角度はブラッグの反射法則に基づいて知られる。光学ブランクは、ここでブラッグ反射が第1結晶方向に対して検出されるまでの間ブラッグ測定配列と相対的に調節される。測定配列と光学ブランクの相対的配向から、ここで第1結晶方向の配向が光学ブランクの光学粗平面の平面法線を基準に決定される。光学粗平面の平面法線が第1結晶方向と一致しない場合、光学ブランクは、たとえば研削によって角度偏差が $\pm 5^\circ$ 未満になるまで加工される。

10

【0028】

有利な実施態様において、光学ブランクは、光学ブランクの光学粗平面と直角な軸の周りに回動可能に軸支されている。ブラッグ反射はここで様々な回転角に対して決定され、最も簡単な場合は $0^\circ$ と $90^\circ$ になる。

20

【0029】

基準方向は同様にブラッグ反射の評価によって決定することができる。この場合、測定放射線は第2結晶方向に属する結晶面で反射される。

【0030】

別法として基準方向の位置はラウエ(Laue)法によって決定することができる。

【0031】

光学ブランクから製造したレンズの中での複屈折に基づき、第1結晶方向に直角な平面への光線の投影が基準方向と平行に延びる場合、たとえば2つの互いに直交する直線偏光状態の場合に最大の光路差を生じるように、基準方向を選択することが望ましい。固有複屈折の妨害的影響を低減する補正方法としてレンズの相互擦じれを用いる場合、前記マーキング規則に基づき前記回転角を調整することは簡単である。第1結晶方向に直角な平面への光線の投影が基準方向と平行に延びる場合、前記光線が最小の光路差を生じる基準方向をマークすることも可能である。

30

【0032】

第1結晶方向が $\langle 100 \rangle$ 結晶方向または $\langle 111 \rangle$ 結晶方向あるいはこれらの結晶方向と等価な結晶方向を向いている場合、第1結晶方向に直角な平面への第2結晶方向の投影が、同じ平面への $\langle 110 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向の投影と平行であると好都合である。すなわち、 $\langle 110 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向と平行に延びる光線は、立方晶系フッ化物結晶中の2つの互いに直交する偏光状態の場合に最大の光路差を生じる。

40

【0033】

第1結晶方向が $\langle 111 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向いている場合、第2結晶方向が $\langle 331 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向いていることが望ましい。

【0034】

第1結晶方向が $\langle 100 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向いている場合、第2結晶方向が $\langle 511 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向を向いていることが望ましい。

【0035】

50

ブラッグ反射を決定する測定放射線が光学粗平面の領域で材料損失を生じさせることがあるので、前記測定放射線によって透過される光学ブランクの材料領域をによって切除することが好都合である。

【0036】

この方法によって有利には光学ブランクを対物レンズ用のレンズまたはレンズ部分の製造用の出発物体として製造することができる。

【0037】

ここで前記のように調製した光学ブランクからレンズまたはレンズ部分を製造する場合、レンズまたはレンズ部分の光学的平面は、レンズ軸がほぼ第1結晶方向の方向と平行もしくは光学粗平面の平面法線と平行に向けられるように加工される。好ましくは第1結晶方向とレンズ軸との間の角度偏差は $5^\circ$ 未満である。光学ブランクの光学粗平面の研削と研磨によってレンズの湾曲したレンズ面が生じる。これが回転対称の平面であれば、レンズ軸は対称軸である。回転対称の平面でない場合は、レンズ軸を入射光束の中心またはレンズ内部の全光線の放射角が最小になる直線とすることができる。レンズとして、たとえば屈折性が回折性のレンズまたは自由成形修正面を有する修正板が対象となる。また平板は、その平板が対物レンズの光路に配置される場合、レンズとみなされる。その場合、平板のレンズ軸は平面レンズ表面に直角に位置する。

10

【0038】

光学ブランクからなるレンズまたはレンズ部分の製造において事前に取り付けた基準方向のマーキングが失われる場合、この基準方向のマーキングがレンズまたはレンズ部分またはそれらの保持フレームに移されることに注意しなければならない。

20

【0039】

たとえばマイクロリソグラフィ用の投影対物レンズのような高性能光学系に使用されるレンズまたはレンズ部分において、角度偏差が $5^\circ$ 未満の場合であっても、レンズ軸と第1結晶方向との間の角度偏差が1つの役割を果たす。そのため、この角度偏差を非常に正確に決定することが望ましい。その場合、たとえばX線回折測定法が使用される。さらに、角度の大きさだけでなく、第1結晶軸の配向も知られていると有利である。配向は偏差方向によって説明することができる。偏差方向はレンズ軸上に直角方向であり、かつ、レンズ軸に対して直角に置かれる平面への第1結晶方向の投影として生じる。偏差方向は、その場合レンズまたはレンズ部分上に、たとえばレンズの周縁にマークされる。別法としてマーキングをレンズまたはレンズ部分の保持フレーム上に取り付けてもよい。レンズまたはレンズ部分またはそれらの保持フレームがすでに基準方向用のマーキングを有する場合、記号を付けた角度を基準方向と偏差方向との間で決定し、前記レンズまたはレンズ部分に指示することができる。たとえば角度値は、レンズまたはレンズ部分の材料データと製造データが整理されているデータ・バンクに格納することができる。

30

【0040】

別法の方式において、初めにレンズまたはレンズ部分を結晶材料からなる光学ブランクから製造し、第2結晶方向用のマーキングを付けることもできる。その場合は光学ブランクからレンズが、たとえばレンズ表面の研削と研磨によって製造される。この場合、前記表面はレンズ軸が第1結晶方向、好ましくは主結晶方向と平行になるように加工される。次のステップでレンズまたはレンズ部分またはそれらの保持フレーム上に、第1結晶方向に対して $0^\circ$ と異なる角度を有する第2結晶方向と一定の関係があるマーキングが付けられる。この場合、第2結晶方向は、同様に主結晶方向または一定の結晶構造内部で配向した結晶方向、たとえばレンズ軸が $\langle 111 \rangle$ 結晶方向を向いている場合は $\langle 331 \rangle$ 結晶方向、またはレンズ軸が $\langle 100 \rangle$ 結晶方向を向いている場合は $\langle 511 \rangle$ 結晶方向であろう。

40

【0041】

マーキングは、たとえばレンズまたはレンズ部分の外部円筒体またはレンズまたはレンズ部分を固定した保持フレームに点状または線状の型彫としてよい。保持フレームはこの場合金属、セラミックまたはガラス・セラミックで構成してよい。

50

## 【0042】

第2結晶方向とマーキングとの間の一定の関係は、たとえば、マーキングがレンズ軸と直角であり、平面法線がレンズ軸の方向を向いている平面への第2結晶方向の投影である基準方向を指示することによって形成することができる。好ましくは基準方向はレンズ軸と交差する。マーキングは、この場合、たとえばレンズまたはレンズ部分の外部円筒体または保持フレームと基準方向の交点である。マーキングは、それによってレンズまたはレンズ部分と関係する座標系を基準とする投影された第2結晶方向の方位角も規定する。

## 【0043】

基準方向の決定のために、すでに光学ブランクで示した方法を適用することができる。ブラッグ反射の測定において、レンズの位置が調整可能であり、それによって湾曲したレンズ表面で測定放射線が一定の場所に入射すると有利である。特に測定がレンズの種々の回転位置で行われる場合、測定放射線がレンズ頂点の領域に入射すると好都合である。

10

## 【0044】

凹レンズ面で自己付影処理によって妨害されないために、入射測定放射線と、第1結晶方向もしくは基準方向の決定に考慮される反射放射線とがレンズ形状によって妨げられないように第2結晶方向を選択することが有利である。

## 【0045】

低い200nm未満の波長に対物レンズとして使用する有利な結晶材料は、フッ化カルシウム、フッ化バリウムまたはフッ化ストロンチウムのような立方晶系フッ化物結晶である。

20

## 【0046】

立方晶系フッ化物結晶内の固有複屈折は、波長200nm未満で、適切な修正措置が必要になるような大きい影響を有する。そのため基準方向の決定と場合により必要な偏差方向の決定は、第1に前記使用に好都合である。有利には、基準方向と場合により偏差方向のマーキングを有するレンズまたはレンズ部分は、レンズまたはレンズ部分の相互擦じれによってそのレンズ軸周りに複屈折の妨害的影響が低減される対物レンズに使用される。結晶配向に依存するマーキングによって個々のレンズの標定した擦じれが本質的に簡単になる。理論的に予想できるフッ化物結晶の複屈折性質と公知の補正方法とに基づき対物レンズの結像性能に及ぼす複屈折の妨害的影響が明らかに低減されるように、対物レンズの個々のレンズまたはレンズ部分の間の回転角を決定することができる。

30

## 【0047】

回転角の決定において各レンズについて既知の第1結晶方向とレンズ軸との間の角度の量と偏差方向も考慮すると特に好都合である。

## 【0048】

偏差方向の単独の決定とマーキングは、レンズまたはレンズ部分の光学的作用が本質的に第1結晶方向とレンズ軸との間の角度偏差に依存する場合に有利である。所定の値だけそのレンズ軸周りのレンズの好都合な擦じれによって、複数の互いに擦じれたレンズまたはレンズ部分の協働によって修正作用が生じるように、対物レンズの結像性能に及ぼす作用に影響を与えることができる。それによって第1結晶方向とレンズ軸との間の角度偏差を有するレンズまたはレンズ部分も使用することができる。これは、仕上げ許容差を無視できるので、結晶材料からのレンズまたはレンズ部分の製造を著しく容易にする。

40

## 【0049】

対物レンズは、この場合多数の回転対称に光軸周りに配置されたレンズからなる純屈折性の投影対物レンズ、またはカタジオプトリック対物レンズ型の投影対物レンズとしてよい。

## 【0050】

この種の投影対物レンズは、有利には光源を起点として、照明システムと、マスク位置決めシステムと、パターンを担持するマスクと、投影対物レンズと、物体位置決めシステムと、感光性基板とを含むマイクロリソグラフィ投影露光装置に使用することができる。

## 【0051】

50

このマイクロリソグラフィ投影露光装置によって微細構造化された半導体素子を製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0052】

本発明は図面を利用してより詳しく説明する。

【0053】

実施形態として、そのレンズ軸が本質的に $\langle 111 \rangle$ 結晶方向を向いているフッ化カルシウム・レンズの製造を説明する。この製造方法は、しかしまた、たとえばフッ化バリウムまたはフッ化ストロンチウムのような立方晶系の結晶構造を有する他の結晶材料からなるレンズの製造にも転用することもできる。さらにレンズ軸の方向は $\langle 100 \rangle$ または $\langle 110 \rangle$ 結晶方向でもよい。この方法は、平面平行レンズや湾曲表面を有するレンズまたはレンズ部分の製造に好都合である。

10

【0054】

レンズの製造のための前駆体として初めに光学ブランクが製造される。図1、2は、模式表示における本発明による方法によって製造されたこの種の光学ブランク1である。図1は、図2の平面図に記入した線A-Aに沿う光学ブランク1の断面図である。

【0055】

第1ステップにおいて光学ブランク1の、この場合ではフッ化カルシウム円盤の $\langle 111 \rangle$ 結晶方向3の配向が決定される。 $\langle 111 \rangle$ 結晶方向3は、この場合いくつかを図1に記入した $\{111\}$ 結晶面5に直角である。この決定は、たとえば劈開面の算出またはエッチング小溝の製造によるような、たとえば結晶学的方法により高い精度で行うことができる。この方向決定の改善はX線回折法によって達成される。そのために好都合な機器は単色X線照射を使用する測角器配列である。文献から公知の表値によって、 $\{111\}$ 結晶面5用のブラッグ反射の発生が決定される。表値は、この場合反射表示に応じて必要な入射角を表示する。測定においてフッ化カルシウム円盤はフッ化カルシウム円盤に直角に立つ軸の周りで回転する。それによって、種々の回転角に対するフッ化カルシウム円盤の平面法線からの $\langle 111 \rangle$ 結晶方向の偏差が得られる。少なくとも2つの回転位置において偏差を決定することが好都合である。本実施形態において測定は $0^\circ$ と $90^\circ$ で実施される。測定精度を高めるために、測定は付加的にさらに $180^\circ$ と $270^\circ$ または別の中間角度で実施してよい。

20

30

【0056】

第2ステップにおいてフッ化カルシウム円盤は、フッ化カルシウム円盤の平面法線が $\langle 111 \rangle$ 結晶方向3の方向と平行になるように加工され、その結果 $\langle 111 \rangle$ 結晶方向3は本質的に直角に光学粗平面7に位置する。被測定偏差は、この場合標定修正の基礎すなわち切削と研削によるフッ化カルシウム円盤の一定の加工の基礎として利用される。この加工ステップ後のフッ化カルシウム円盤の平面法線は、偏差 $5^\circ$ 未満で $\langle 111 \rangle$ 結晶方向を向いている。

【0057】

第3ステップにおいてフッ化カルシウム円盤で別の結晶方向と一定の関係にある基準方向9が決定される。フッ化カルシウム円盤の平面法線が $\langle 111 \rangle$ 結晶方向3である場合、三波形の対称性で $\langle 111 \rangle$ 結晶方向の周りにまとめた3つの結晶方向 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 011 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ 、もしくは $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ を識別することが好都合である。したがって、これは、フッ化カルシウム・レンズの中で $\langle 110 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向に光線が延びる場合、その光線は固有複屈折に基づき2つの互いに直交する直線偏光状態に対して最大の光路差を生じるので興味を引く。光線が $\langle 100 \rangle$ 結晶方向またはそれと等価な結晶方向に延びる場合、光線は光路差を生じない。3つの結晶方向 $\langle 110 \rangle$ 、 $\langle 011 \rangle$ 、 $\langle 101 \rangle$ は、ともに $\langle 111 \rangle$ 結晶方向とそれぞれ角度 $35^\circ$ 、3つの結晶方向 $\langle 100 \rangle$ 、 $\langle 010 \rangle$ 、 $\langle 001 \rangle$ は、角度 $55^\circ$ である。物理的理由から $(110)$ または $(100)$ 結晶面のX線反射はフッ化カルシウム構造を有する結晶では測定できない。そのため $(100)$ もしくは $(110)$ 結晶面と

40

50

一定の関係にある別の結晶面のブラッグ反射を援用する必要がある。たとえば(331)ブラッグ反射を使用できる。3つの結晶方向<331>、<133>、<313>は、この場合それぞれ<111>結晶方向と共に角度22°となる。図1に、いくつか記入されている{331}結晶面13に直角に立つ<331>結晶方向11を記入している。(331)ブラッグ反射はフッ化カルシウムで単色銅K<sub>α1</sub>-放射線(8048eV)に対して38°未満で現れる。それによってフッ化カルシウム円盤の表面7によって規定された基準面に相対的な入射角16°と検知角60°が生じる。円盤が平面法線の周りに360°回転すると、3つの回転角でブラッグ反射を測定できる。これは、3つの重要な(331)結晶面の方向ベクトルの1つがブラッグ測定の入射面にあることを示している。この3つの(331)結晶方向の円盤表面7への投影は、3つの結晶方向<110>、<011>、<101>の投影と平行である。つまり結晶方向<331>、<133>、<313>の投影の方向が決定されれば、同時に結晶方向<110>、<011>、<101>の投影の方向も決定される。<111>結晶方向からの表面法線の可能な偏差において発生源および検知器をそれに準じて標定しなければならない。

10

## 【0058】

図2において基準方向9は、<111>結晶方向に対して直角な平面に投影される、投影された<331>結晶方向の方向を向いている。基準方向は付加的に光学ブランク1の対称軸17と交差する。

## 【0059】

別法として結晶配向はラウエ像によっても決定することができる。単色X線照射によるブラッグ反射の前記測定と異なり、ラウエ法では「白色の」つまり広帯域X線光で作業する。白色X線光の場合は種々の結晶面群のブラッグ反射が得られ、それによって材料に特有なラウエ像が生じる。<111>結晶方向が入射方向と平行である場合、ラウエ像は3つの対称性を持って生成される。<111>結晶方向が円盤法線から数度変位する場合、結果は僅かに歪んだ像である。ラウエ像の正確な分析は、たとえば適切なソフトウェアによって、円盤法線からの<111>結晶方向の偏差を決定することに利用できる。この像の評価は、さらに3つの結晶方向<110>、<011>、<101>、もしくは<100>、<010>、<001>の決定と、それによって円盤の配向を決定することができる。

20

## 【0060】

第4ステップにおいて光学ブランク1に基準方向9をマークする少なくとも1つのマーキング15が付けられる。結局、マーキング15は<331>結晶方向11と一定の関係がある。マーキング15は、たとえば型彫、エッチングまたはラベリングによって行うことができる。マーキング15のために光学ブランク1の円筒周縁部が用いられる。別法としてマーキングは、光学ブランク1が取り付けられるフレームに付けてもよい。

30

## 【0061】

第5ステップにおいてレンズがこの光学ブランク1から製造される。図3、4は模式表示において光学ブランク1から製造したレンズ31である。レンズ31は、この場合保持フレーム33によって保持される。図3は、図4に平面図で記入した線B-Bに沿う断面図において把持したレンズ31である。

40

## 【0062】

レンズ31は、この場合、レンズ軸35が<111>結晶方向3と平行になるように製造される。この場合、事前に付けたマーキング15は光学ブランク1の加工時に破壊されない。これは研削又は研磨のような多くの加工ステップはレンズの上側と下側のみで行われるが、円筒周縁部では行われないので可能となる。しかし、フッ化カルシウム円盤の周縁部も加工、たとえば旋削される場合、十分な精度でマーキングをフッ化カルシウム円盤の保持具に移し、マーキングを加工終了後に再び円筒周縁部に付ける必要がある。

## 【0063】

さらに、基準方向9のマーキング37が保持フレーム33に付けられる。

## 【0064】

50

もう一つの実施形態では、 $\langle 111 \rangle$ 結晶方向が本質的に直角に光学ブランクの表面上にある立方晶系フッ化物結晶たとえばフッ化カルシウムからなる光学ブランクからレンズが製造される。マーキングは、その場合レンズを製造した後に付けられる。

【0065】

第1ステップにおいて、レンズ軸が $\langle 111 \rangle$ 結晶方向を向いているように、光学ブランクからなるレンズが製造される。

【0066】

第2ステップにおいて基準方向が決定される。この場合、事前に光学ブランクの製造で説明したものと同一方法が適用される。しかしながら、その場合は、レンズ表面へのX線の入射点が高低に精密に調整されることに注意しなければならない。そのためレンズの載置面は高低に調節可能である。それによって、湾曲したレンズ表面上で様々な点が測定されるとき、レンズの湾曲した輪郭に沿ってゆくことができる。さらに湾曲によって入射または射出光線の陰が生じることがあることに注意する必要がある。好都合なブラッグ反射とそこから生じる測定形状の選択によって陰の発生を回避することができる。

10

【0067】

平面平行板の場合、前記方法は測角器構造に基づき表面の各点に適用することができる。

【0068】

光学ブランクとレンズの加工において、X線によるフッ化カルシウムの照射は色中心を発生し得ることに注意する必要がある。Cu-K放射線の侵入深さはフッ化カルシウムの場合約 $30\mu\text{m}$ である。色中心の存在を回避するために、X線分析は、後に対応する材料切除が行われる光学ブランクまたはレンズでのみ実施することが有利である。Cu-K放射線による照射の場合、これは少なくとも $30\mu\text{m}$ の切除を意味する。

20

【0069】

図5、6は模式表示における本発明によるレンズ51のもう一つの実施形態である。図5は、図6の平面図に記入した線C-Cに沿う断面図によるレンズ51である。

【0070】

フッ化カルシウム・レンズ51は、この場合 $(111)$ レンズではなく、 $(100)$ レンズである。しかしながらレンズ軸53は正確に $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55を向かず、レンズ軸53と偏差角を持った $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55に現れる。 $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55は、この場合直角に $\{100\}$ 結晶面57に位置する。

30

【0071】

角度の量のほかに偏差方向63を決定することも重要である。偏差方向63はレンズ軸53と直角になる平面への $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55の投影として得られる。

【0072】

偏差方向63はレンズ軸53と交差するのが好ましい。偏差方向63を表示するためのマーキング65がレンズ51上に付けられる。マーキングは図5、6で図示しない保持フレームに付けてもよい。図6においてマーキング65はレンズ51の外部円筒体と偏差方向63の交点を示す。

【0073】

レンズ軸53に対する $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55の配向は、レンズ51の種々の回転位置の $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55のブラッグ反射が決定されることによって、決定することができる。レンズ51はこの場合そのレンズ軸53周りに回転される。少なくとも2つの回転位置で偏差を決定することが好都合である。本実施形態において測定は $0^\circ$ と $90^\circ$ で実施される。測定精度を高めることができるように、測定は付加的にさらに $180^\circ$ と $270^\circ$ で実施される。

40

【0074】

別法としてラウエ法により入射する測定放射線がレンズ軸53の方向に入射することによって、 $\langle 100 \rangle$ 結晶方向55とレンズ軸53との間の偏差を決定することもできる。

【0075】

50

マーキング 65 のほかにレンズ 51 はさらにマーキング 67 を有する。マーキング 67 は、 $\{511\}$  結晶面 61 に直角に位置する  $\langle 511 \rangle$  結晶方向 59 と一定の関係にある。マーキングはレンズ 51 の外部円筒体と基準方向 69 の交点を表示する。基準方向 69 はレンズ軸 53 と直角の平面への  $\langle 511 \rangle$  結晶方向 59 の投影として得られる。さらに基準方向 69 はレンズ軸 53 と交差する。レンズ軸 53 と直角な平面への  $\langle 511 \rangle$  結晶方向 59 の投影が対応する  $\langle 011 \rangle$  結晶方向の投影と平行に伸びるので、 $\langle 511 \rangle$  結晶方向 59 が採用される。 $\langle 011 \rangle$  結晶方向はその方向と平行にレンズ 51 を通して入る光線が、固有複屈折に基づく 2 つの直交する偏光状態に対して最大の光路差を生じるので印を付けた方向である。

#### 【0076】

対物レンズに関連した基準方向を基準にしてそのレンズ軸の周りにレンズの回転角を調整できるため、ただ 1 つのマーキングで充分である。レンズ 51 は基準方向 69 のマーキング 67 を有するので、別法として偏差方向 63 のマーキング 65 に代わり基準方向 69 と偏差方向 63 との間の角度を決定し、レンズに指示することができる。たとえば前記角度は偏差角と共に、たとえばレンズ 51 の材料データと製造データが格納されたデータバンクに整理することができる。それによって前記角度と偏差角が最適化方法に提供される。

#### 【0077】

図 7 は模式表示における本発明による対物レンズ 71 の第 1 実施形態である。対物レンズは像 IM 上に物体 OB を結像させる。図示したのはレンズ 73、75、77、79 である。レンズ 73、75、77、79 のレンズ軸は光軸 OA の方向を向いている。レンズ 73、75 はフッ化カルシウムからなる  $(111)$  レンズ、レンズ 77、79 は  $(100)$  レンズである。固有複屈折の妨害的影響の補正のために、レンズはそれぞれそのレンズ軸周りに傾けられて配置されており、その結果、外部アパーチャ光線 81 と光軸 OA に沿って伸びる光線に対して対応する光路差の 2 つの直交する偏光状態の間の光路差の差異が最小になる。 $(111)$  レンズ 73、75 の間の回転角はそれに対して  $60^\circ$  になる。回転角は、レンズ 73、75 が基準方向 87、89 を示すマーキング 83、85 を有するので、本発明により簡単に調整することができる。基準方向 87、89 は、直角に各レンズ軸に立つ平面への各  $\langle 331 \rangle$  結晶方向の投影である。 $(100)$  レンズ 77、79 の間の回転角は、このレンズの場合それぞれ  $\langle 100 \rangle$  結晶方向が精密に各レンズ軸の方向を向いていないので、精密に  $45^\circ$  にならない。偏差方向 95、97 がマーキング 91、93 によって示されている。レンズ 77、79 の間の回転角の最適化において、偏差の大きさと配向が考慮される。マーキング 99、101 によってレンズ 77、79 の間で計算した回転角を簡単に調節することができる。マーキングは、直角に各レンズ軸に立つ平面への各  $\langle 511 \rangle$  結晶方向の投影である基準方向 103、105 を示す。

#### 【0078】

以下、公知の光学的デザインによる対物レンズにおいて一方で個々のレンズのレンズ軸の配向が印を付けた主結晶方向の方向に決定でき、他方でレンズの間の回転角を決定できる最適化方法を説明する。この対物レンズの複数のレンズは複屈折フッ化物結晶からなる。レンズの複屈折性質は知られている。たとえば固有複屈折の影響は、結晶材料のほかにレンズの座標系を基準とする材料配向も知られている場合、光線の開き角と方位角に応じて理論的に推測することができる。しかしまた複屈折性質はレンズでの測定によっても知ることができる。レンズの複屈折性質と対物レンズの光学的デザインが知られているので、光線が対物レンズ内部で生じる 2 つの互いに直交する直線偏光状態に対する光路差が知られている。この光路差は以下その絶対値が最小にされるべきである最適化量として用いる。類似の方法で最適化は個々の光線の全光束に対しても実施することができる。この最適化に対して可能な自由度は個々のレンズ相互の回転角と主結晶方向を基準とするレンズ軸の配向である。一方でレンズ軸が主結晶方向を指し、他方でレンズ相互の回転角が各レンズ軸の方向に応じて離散的値のみを取る場合に好都合である。

#### 【0079】

10

20

30

40

50



レンズ軸の配向に対して3つの自由度が提供される。そこでレンズ軸が(1 0 0)、(1 1 1)または(1 1 0)結晶方向を向くことができる。

【0080】

レンズ軸が同一のまたはそれと等価な主結晶方向を向いているレンズが個々のグループにまとめられる。各グループは少なくとも2つのレンズを有する。

【0081】

1つのグループのレンズの離散的回転角はレンズ軸の配向に依存する。

【0082】

n個の(1 0 0)レンズをもつグループの場合、回転角に対して次の基準値：

$$= (90^\circ / n) + m \cdot 90^\circ \pm 10^\circ \quad (\text{式中、} m \text{ は任意の整数である}) \text{が生じる。} \quad 10$$

【0083】

このグループが2つの(1 0 0)レンズを含む場合、前記両レンズ間の回転角は理想的には45°、または135°、225°...になる。

【0084】

n個の(1 1 1)レンズをもつグループの場合、回転角に対して次の基準値：

= (120° / n) + m · 120° ± 10° (式中、mは任意の整数である)が生じる。

【0085】

n個の(1 1 0)レンズをもつグループの場合、回転角に対して次の基準値：

= (180° / n) + m · 180° ± 10° (式中、mは任意の整数である)が生じる。 20

【0086】

それによって自由度としてレンズ相互の離散的回転角と離散的結晶配向とが提供される。

【0087】

このパラメータ空間内部で最適化量が最小値を取り、もしくはある閾値を下回る個々のレンズに対する回転角と結晶配向の組合せが見出せる。

【0088】

各対物レンズに対して、2つの互いに直交する偏光状態の光路差が全光束に対して最小値を取る1つの最適な解がある。 30

【0089】

しかしながら、特に図8の対物レンズ8において該当するように、対物レンズが多数のレンズを有する場合に前記最適解決策を決定することは非常に費用がかかる。図8に波長157nmの場合のカタジオプトリック投影対物レンズ8のレンズ断面を示している。この対物レンズの光学的データを表1にまとめた。この実施形態は国際特許出願公開W001/50171A1(米国特許出願第10/177580号)から読み取られ、その図9もしくは表8に対応する。対物レンズ8の作用方式のより詳しい説明のために国際特許出願公開W001/50171A1(米国特許出願第10/177580号)が参照される。この対物レンズの全レンズはフッ化カルシウム結晶からなる。対物レンズの像側の開口数は0.8になる。 40

【0090】

ところで無条件ではないが最適な解決策、対物レンズの実際の使用に対して充分良好な解決策を見出すための最適化方法が知られている。文献で公知の非常に類似の数学的課題設定は、付与された地図に対して指示された都市を通る可能な限り短いルートを見出すことに係わる「巡回セールスマン問題」である。最適化において前記名称のもとに文献から知られている以下の方法を使用することができる：

1. モンテ・カルロ法調査
2. 模擬冷却(「模擬アニーリング」)
3. 閾値受諾(「Threshold accepting」)
4. 中間加熱を含む模擬冷却

## 5. 遺伝アルゴリズム

## 【0091】

固有複屈折の妨害的影響の補正のために第1実施形態において各レンズに対して4つの自由度(FGH)が提供される:

F G H 1 : ( 1 1 1 ) レンズ 回転角  $0^\circ$  による

F G H 2 : ( 1 1 1 ) レンズ 回転角  $60^\circ$  による

F G H 3 : ( 1 0 0 ) レンズ 回転角  $0^\circ$  による

F G H 4 : ( 1 0 0 ) レンズ 回転角  $45^\circ$  による

個々のレンズの回転角は、この場合それぞれ物体面Oにおいて一定の基準方向に関する。

10

## 【0092】

図8の投影対物レンズ8に対してモンテ・カルロ法調査と4つの自由度F G H 1 ~ F G H 4の設定によってレンズ軸の最適な結晶配向と、物体面Oにおける一定の基準方向を基準とするレンズL 8 0 1 ~ L 8 1 7の回転角  $\alpha$  が決定された。表2はレンズL 8 0 1 ~ L 8 1 7に対してレンズ軸の結晶方向と回転角  $\alpha$  を示す。各レンズに対して上と下の最外部のアーチャー光線に対する2つの互いに直交する偏光状態の光路差も示している。両方の最外部のアーチャー光線は、この場合物体フィールドの中心で物体点から出発し、像面O'に像側の開口数に相当する光軸OAを基準とする各々1つの角度を有する。生じる最大光路差は5 nmになる。

## 【0093】

20

【表 1】

レンズ	レンズ軸の配向	角度 $\beta_L$ [°]	上最外部アパーチャ光線の光路差 [mm]	下最外部アパーチャ光線の光路差 [mm]
L801	<100>	45	0.0	-3.1
L802	<111>	60	-13.0	29.7
L803	<100>	0	-15.1	-27.6
L803	<100>	0	-26.0	-19.2
L802	<111>	60	28.3	-14.2
L804	<111>	0	-7.6	9.8
L805	<100>	45	-3.1	-1.0
L806	<100>	0	0.0	-2.1
L807	<111>	60	-7.8	1.0
L808	<100>	45	0.0	-1.1
L809	<100>	0	0.0	-0.7
L810	<100>	0	-0.1	-1.5
L811	<100>	0	-3.9	-1.7
L812	<111>	0	15.4	-5.0
L813	<100>	0	-3.7	-0.2
L814	<100>	0	-2.1	-0.1
L815	<100>	45	-11.4	-6.6
L816	<111>	60	-16.8	49.6
L817	<111>	0	55.7	-12.2
合計			-5.0	-2.7

表 2

## 【0094】

最適化のその他の自由度は、レンズを個々のグループに指定する場合に得られる。この場合、1つのグループのレンズのレンズ軸は同じ主結晶方向を向いている。1つのグループ内部で、1つのグループによって惹起される2つの互いに直交する直線偏光状態の光路差の分布がほぼ回転対称であるように、レンズがここで互いに擦じれて配置されている。個々のグループ間の回転角はここで前記付加的な自由度もしくは製造限定された付加収差によって修正するために、ここで任意に調整することができる。

## 【0095】

表2の実施形態においてレンズL801とL814は(100)レンズを有する第1グループを形成し、両方のレンズが互いに回転角45°だけ擦じれて配置されている。

## 【0096】

レンズL802、L804、L807、L812は(111)レンズを有する第2グループを形成する。レンズL802とL807およびレンズL804とL812は、この場

10

20

30

40

50

合それぞれ1つの下位グループを形成し、その内部で各レンズが互いに擦じれて配置されず、またはせいぜい回転角  $= 1 \cdot 120^\circ \pm 10^\circ$  を有する(式中、1は整数である)。両方の下位グループは互いに角度  $60^\circ$  だけ擦じれて配置されていて、その結果、種々の下位グループからなる2つのレンズ間の回転角は  $= 60^\circ + m \cdot 120^\circ \pm 10^\circ$  になる(式中、mは任意の整数である)。

【0097】

レンズL803、L805、L815は(100)レンズを有する第3のグループを形成する。レンズL803とレンズL805およびL815は、この場合それぞれ1つの下位グループを形成し、その内部で各レンズが互いに擦じれて配置されず、またはせいぜい回転角  $= 1 \cdot 90^\circ \pm 10^\circ$  を有する(式中、1は整数である)。両方の下位グループは互いに角度  $45^\circ$  だけ擦じれて配置されていて、その結果、種々の下位グループからなる2つのレンズ間の回転角は  $= 45^\circ + m \cdot 90^\circ \pm 10^\circ$  になる(式中、mは任意の整数である)。

10

【0098】

レンズL808、L809、L811は(100)レンズを有する第4グループを形成する。レンズL808およびレンズL808とL809は、この場合それぞれ1つの下位グループを形成し、その内部で各レンズが互いに擦じれて配置されず、またはせいぜい回転角  $= 1 \cdot 90^\circ \pm 10^\circ$  を有する(式中、1は整数である)。両方の下位グループは互いに角度  $45^\circ$  だけ擦じれて配置されていて、その結果、種々の下位グループからなる2つのレンズ間の回転角は  $= 45^\circ + m \cdot 90^\circ \pm 10^\circ$  になる(式中、mは任意の整数である)。

20

【0099】

レンズL816とL817は(111)レンズを有する第5グループを形成し、両方のレンズは互いに回転角  $60^\circ$  だけ擦じれて配置されている。

【0100】

第2実施形態において各レンズに対して8自由度が提供される：

- FGH1：(111)レンズ 回転角  $0^\circ$  による
- FGH2：(111)レンズ 回転角  $60^\circ$  による
- FGH3：(100)レンズ 回転角  $0^\circ$  による
- FGH4：(100)レンズ 回転角  $45^\circ$  による
- FGH5：(110)レンズ 回転角  $0^\circ$  による
- FGH6：(110)レンズ 回転角  $90^\circ$  による
- FGH7：(110)レンズ 回転角  $45^\circ$  による
- FGH8：(110)レンズ 回転角  $135^\circ$  による

30

【0101】

自由度の数によって最適化結果がより良くなるが、最適化費用も指数的に増大する。その他の自由度は回転角の微細な段階的差異によって生じる。

【0102】

もちろん最適化方法は微細な離散的回転角によって実施してもよい。

【0103】

最適化において応力複屈折の測定データ、レンズまたはミラーの表面データおよび/またはレンズの材料不均一性を考慮してもよい。この方法によりすべての発生する妨害量が把握され、自由度を用いて全体的に良好な結像品質を提供する対物レンズ状態が算出される。

40

【0104】

特に偏差方向のマーキングと対物レンズの各レンズに対するそれぞれのレンズ軸とそれぞれ示した主結晶方向との間の偏差の大きさと配向の認識は、最適化における偏差によって惹起される効果の考慮を可能にする。レンズ軸が精密に(100)、(111)または(110)結晶方向を向いているレンズの場合、たとえば2つの(100)レンズに対する  $= 45^\circ + m \cdot 90^\circ$  のような、結晶対称性に基つき生じる常に等価な回転角がある

50

。ここで両方の(100)レンズに対してそれぞれのレンズ軸とそれぞれ示した主結晶方向との間にそれぞれ1つの偏差が現れる場合、自然数mは自由度として最適化に使用することができる。自然数mは、この場合値1、2、3でよい。偏差方向と基準方向がマークされているので、このように決定した回転角は精密に調節することができる。

【0105】

以下、個々のステップにおける最適化方法を説明する：

【0106】

第1ステップにおいて、レンズの複屈折性質が知られている対物レンズに対する目標関数が計算される。この目標関数は複屈折の妨害的影響の基準である。目標関数として、たとえば最外部のアーチャ光線の2つの互いに直交する直線偏光状態の光路差を利用することができる。目標関数として光束の光路差の分布の最大値または平均値を決めることも可能である。レンズの回転角、結晶配向、前記対物レンズ状態の目標関数が格納される。

10

【0107】

目標関数に対して、複屈折の妨害的影響の低下を許容できる閾値が存在する。

【0108】

第2ステップにおいて、目標関数が閾値を下回るか否かが試験される。閾値を下回る場合、この方法が中断される。閾値を下回らない場合、第3ステップが後に続く。

【0109】

第3ステップにおいて、ここで所定の自由度に従ってレンズ相互の回転角と対物レンズ内部の結晶配向とが変更され、前記方法の1つ、たとえばモンテ・カルロ法が使用される。

20

【0110】

第3ステップの後、この方法が再び第1ステップで開始し、透過するループの数が決定される。透過するループの数が最大数を超える場合、この方法は同様に中断する。

【0111】

つまりこの方法は、一定の閾値を下回る場合、または所定のループ数を超える場合に中断される。最大ループ数を超える場合、たとえば結果として付属の目標関数によって個々の対物レンズ状態が示される順位リストを生成することができる。

【0112】

図9を利用して、マイクロリソグラフィ投影露光装置の原理構造を説明する。投影露光装置111は、光源113、照明装置115、パターンを担持するマスク117、投影対物レンズ119、被露光基板121を有する。照明装置115は、たとえばそれぞれの動作波長KrFレーザーまたはArFレーザーに応じて光源113の光を集め、マスク117を照明する。この場合、露光工程によって所定の照明分布の均一性と、対物レンズ119の入射瞳の所定の照明とが提供される。マスク117はマスク・ホルダ113によって光路の中に保持される。このようなマイクロリソグラフィに使用されるマスク113はマイクロメートル・ナノメートル構造を有する。パターンを担持するマスクとして、いわゆるレチクルのほか別法として駆動式マイクロミラー・アレイまたはプログラマブルLCDアレイを使用してもよい。マスク117すなわちマスク一部の領域が、基板ホルダ125によって位置決めした基板121に投影対物レンズ119を利用して結像される。投影対物レンズ119は、たとえば図8に示したカタジオプトリック対物レンズである。この場合、複屈折またはその他の効果の妨害的影響を最小限にするために、投影対物レンズの個々のレンズ127が互いに挟まれて配置されている。本発明により取り付けられたマーキングによってレンズの回転角を調整することが簡単である。基板121は典型的に感光性被覆、いわゆるレジストを備えたシリコン・ウェハである。被露光基板から次に別の加工ステップで半導体素子が製造される。

30

40

【0113】

【表 2】

表 1

L61	半径	厚さ	ガラス	157.13nm の屈折率	1/2 自由直径
0	0.000000000	34.000000000		1.000000000	82.150
	0.000000000	0.100000000		1.000000000	87.654
L801	276.724757380	40.000000000	CaF2	1.55970990	90.112
	1413.944109416AS	95.000000000		1.000000000	89.442
SP1	0.000000000	11.000000000		1.000000000	90.034
	0.000000000	433.237005445		1.000000000	90.104
L802	-195.924336384	17.295305525	CaF2	1.55970990	92.746
	-467.658808527	40.841112468		1.000000000	98.732
L803	-241.385736441	15.977235467	CaF2	1.55970990	105.512
	-857.211727400AS	21.649331094		1.000000000	118.786
SP2	0.000000000	0.000010000		1.000000000	139.325
	253.074839896	21.649331094		1.000000000	119.350
L803'	857.211727400AS	15.977235467	CaF2	1.55970990	118.986
	241.385736441	40.841112468		1.000000000	108.546
L802'	467.658808527	17.295305525	CaF2	1.55970990	102.615
	195.924336384	419.981357165		1.000000000	95.689
SP3	0.000000000	6.255658280		1.000000000	76.370
	0.000000000	42.609155219		1.000000000	76.064
Z1	0.000000000	67.449547115		1.000000000	73.981
L804	432.544479547	37.784311058	CaF2	1.55970990	90.274
	-522.188532471	113.756133662		1.000000000	92.507
L805	-263.167605725	33.768525968	CaF2	1.55970990	100.053
	-291.940616829AS	14.536591424		1.000000000	106.516
L806	589.642961222AS	20.449887046	CaF2	1.55970990	110.482
	-5539.698828792	443.944079795		1.000000000	110.523
L807	221.780582003	9.000000000	CaF2	1.55970990	108.311
	153.071443064	22.790060084		1.000000000	104.062
L808	309.446967518	38.542735318	CaF2	1.55970990	104.062
	-2660.227900099	0.100022286		1.000000000	104.098
L809	23655.354584194	12.899131182	CaF2	1.55970990	104.054
	-1473.189213176	9.318886362		1.000000000	103.931
L810	-652.136459374	16.359499814	CaF2	1.55970990	103.644
	-446.489459129	0.100000000		1.000000000	103.877
L811	174.593507050	25.900313780	CaF2	1.55970990	99.267
	392.239615259AS	14.064505431		1.000000000	96.610
	0.000000000	2.045119392		1.000000000	96.552
L812	7497.306838492	16.759051656	CaF2	1.55970990	96.383
	318.210831711	8.891640764		1.000000000	94.998
L813	428.724465129	41.295806263	CaF2	1.55970990	95.548
	3290.097860119AS	7.377912006		1.000000000	95.040
L814	721.012739719	33.927118706	CaF2	1.55970990	95.443
	-272.650872353	6.871397517		1.000000000	95.207
L815	131.257556743	38.826450065	CaF2	1.55970990	81.345
	632.112566477AS	4.409527396		1.000000000	74.847
L816	342.127616157AS	37.346293509	CaF2	1.55970990	70.394
	449.261078744	4.859754445		1.000000000	54.895
L817	144.034814702	34.792179308	CaF2	1.55970990	48.040
	-751.263321098AS	11.999872684		1.000000000	33.475
0'	0.000000000	0.000127776		1.000000000	16.430

10

20

30

## 非球面定数

## レンズL801の非球面

K 0.0000  
C1 4.90231706e-009  
C2 3.08634889e-014  
C3 -9.53005325e-019  
C4 -6.06316417e-024  
C5 6.11462814e-028  
C6 -8.64346302e-032  
C7 0.00000000e+000  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

10

## レンズL803の非球面

K 0.0000  
C1 -5.33460884e-009  
C2 9.73867225e-014  
C3 -3.28422058e-018  
C4 1.50550421e-022  
C5 0.00000000e+000  
C6 0.00000000e+000  
C7 0.00000000e+000  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

20

## レンズL803'の非球面

K 0.0000  
C1 5.33460884e-009  
C2 -9.73867225e-014  
C3 3.28422058e-018  
C4 -1.50550421e-022  
C5 0.00000000e+000  
C6 0.00000000e+000  
C7 0.00000000e+000  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

30

## レンズL805の非球面

K 0.0000  
C1 2.42569449e-009  
C2 3.96137865e-014  
C3 -2.47855149e-018  
C4 7.95092779e-023  
C5 0.00000000e+000  
C6 0.00000000e+000  
C7 0.00000000e+000  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

40

## レンズL806の非球面：

K	0.0000
C1	-6.74111232e-009
C2	-2.57289693e-014
C3	-2.81309020e-018
C4	6.70057831e-023
C5	5.06272344e-028
C6	-4.81282974e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

10

## レンズL811の非球面

K	0.0000
C1	2.28889624e-008
C2	-1.88390559e-014
C3	2.86010656e-017
C4	-3.18575336e-021
C5	1.45886017e-025
C6	-1.08492931e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

20

## レンズL813の非球面

K	0.0000
C1	3.40212872e-008
C2	-1.08008877e-012
C3	4.33814531e-017
C4	-7.40125614e-021
C5	5.66856812e-025
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## レンズL815の非球面

K	0.0000
C1	-3.15395039e-008
C2	4.30010133e-012
C3	3.11663337e-016
C4	-3.64089769e-020
C5	1.06073268e-024
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

30



## レンズL816の非球面：

K	0.0000
C1	-2.16574623e-008
C2	-6.67182801e-013
C3	4.46519932e-016
C4	-3.71571535e-020
C5	0.00000000e+000
C6	0.00000000e+000
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## レンズL817の非球面

K	0.0000
C1	2.15121397e-008
C2	-1.65301726e-011
C3	-5.03883747e-015
C4	1.03441815e-017
C5	-6.29122773e-021
C6	1.44097714e-024
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

10

## 【図面の簡単な説明】

20

【0114】

- 【図1】 模式表示における光学ブランクの断面図である。
- 【図2】 模式表示における平面図による図1の光学ブランクである。
- 【図3】 模式表示における把持したレンズの断面図である。
- 【図4】 模式表示における平面図による図3の把持したレンズである。
- 【図5】 模式表示におけるレンズのもう1つの実施形態の断面図である。
- 【図6】 模式表示における平面図による図5のレンズである。
- 【図7】 模式透視表示における対物レンズである。
- 【図8】 投影対物レンズのレンズ断面図である。
- 【図9】 模式表示における投影露光装置である。

30



【 図 8 】

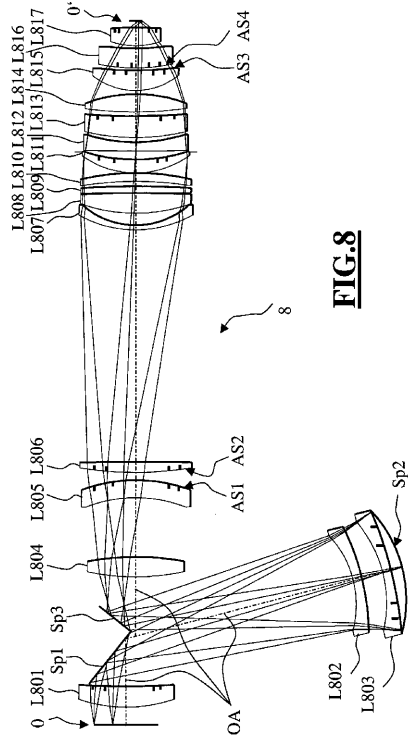
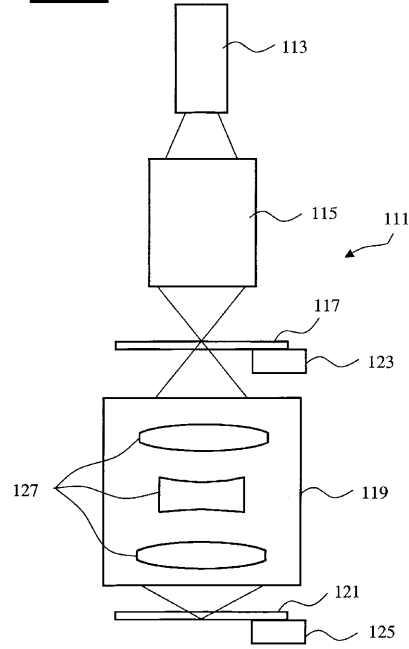


FIG.8

【 図 9 】

FIG.9



## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Intern application No PCT/EP 02/12690
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G03F7/20 G02B1/02		
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) IPC 7 G03F 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, PAJ, WPI Data		
<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	US 6 324 003 B1 (MARTIN GENE JAY) 27 November 2001 (2001-11-27) column 6, line 1 - line 21; figure 4 column 8, line 46 - line 56; figure 10A ---	1,3,6,8, 13,15
A	BURNETT J H ET AL: "INTRINSIC BIREFRINGENCE IN CALCIUM FLUORIDE AND BARIUM FLUORIDE" PHYSICAL REVIEW, B. CONDENSED MATTER, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 64, no. 24, 15 December 2001 (2001-12-15), pages 241102-1-241102-4, XP001098828 ISSN: 0163-1829 cited in the application right-hand column, paragraph 2 --- -/--	1,13,18, 28,32,40
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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  27 June 2003		Date of mailing of the international search report  04/07/2003
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  Ciarrocca, M

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern	Application No
	PCT/EP 02/12690

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 40 22 904 A (SIEMENS AG) 23 January 1992 (1992-01-23) the whole document ---	1,13,18, 28,32
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 09, 30 July 1999 (1999-07-30) -& JP 11 106296 A (MITSUI CHEM INC), 20 April 1999 (1999-04-20) abstract ---	1,13
E	US 2003/053036 A1 (OMURA YASUHIRO ET AL) 20 March 2003 (2003-03-20)  paragraph '0028! paragraph '0087! - paragraph '0091!; figure 1 paragraph '0124! paragraph '0146! - paragraph '0147! paragraph '0151! & WO 03 007045 A (NIPPON KOGAKU KK) 23 January 2003 (2003-01-23) ---	1,3,5,6, 8,9,13, 15,16, 18, 20-24, 28,30, 33-36, 39,40
E	WO 03 009017 A (AZUMI MINAKO ;MOCHIDA MASAAKI (JP); SAKUMA SHIGERU (JP); HIRAIWA H) 30 January 2003 (2003-01-30) abstract ---	1,13,18, 28,32,40
E	WO 02 093209 A (GRUNER TORALF ;BRUNOTTE MARTIN (DE); ENKISCH BIRGIT (DE); GERHARD) 21 November 2002 (2002-11-21) cited in the application the whole document -----	1-40

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Internationa	pplication No
PCT/EP 02/12690	

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6324003	B1	27-11-2001	AU 2443001 A EP 1242836 A1 WO 0150161 A1	16-07-2001 25-09-2002 12-07-2001
DE 4022904	A	23-01-1992	DE 4022904 A1 WO 9202041 A1 DE 59109234 D1 EP 0539384 A1	23-01-1992 06-02-1992 23-05-2002 05-05-1993
JP 11106296	A	20-04-1999	NONE	
US 2003053036	A1	20-03-2003	WO 03007045 A1	23-01-2003
WO 03009017	A	30-01-2003	WO 03009017 A1	30-01-2003
WO 02093209	A	21-11-2002	DE 10123725 A1 DE 10123727 A1 DE 10125487 A1 DE 10127320 A1 WO 02093257 A2 WO 02093209 A2	21-11-2002 21-11-2002 02-01-2003 12-12-2002 21-11-2002 21-11-2002

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationale Aktenzeichen
PCT/EP 02/12690

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 G03F7/20 G02B1/02		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RESEARCHIERTE GEBIETE</b> Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 G03F 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, PAJ, WPI Data		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 6 324 003 B1 (MARTIN GENE JAY) 27. November 2001 (2001-11-27) Spalte 6, Zeile 1 - Zeile 21; Abbildung 4 Spalte 8, Zeile 46 - Zeile 56; Abbildung 10A	1,3,6,8,13,15
A	BURNETT J H ET AL: "INTRINSIC BIREFRINGENCE IN CALCIUM FLUORIDE AND BARIUM FLUORIDE" PHYSICAL REVIEW, B. CONDENSED MATTER, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, Bd. 64, Nr. 24, 15. Dezember 2001 (2001-12-15), Seiten 241102-1-241102-4, XP001098828 ISSN: 0163-1829 in der Anmeldung erwähnt rechte Spalte, Absatz 2	1,13,18,28,32,40
-/--		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher 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 nahelegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche <b>27. Juni 2003</b>		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts <b>04/07/2003</b>
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter <b>Ciarrocca, M</b>

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internat	Aktenzeichen
PCT/EP 02/12690	

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 40 22 904 A (SIEMENS AG) 23. Januar 1992 (1992-01-23) das ganze Dokument ---	1,13,18, 28,32
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 09, 30. Juli 1999 (1999-07-30) -& JP 11 106296 A (MITSUI CHEM INC), 20. April 1999 (1999-04-20) Zusammenfassung ---	1,13
E	US 2003/053036 A1 (OMURA YASUHIRO ET AL) 20. März 2003 (2003-03-20)  Absatz '0028! Absatz '0087! - Absatz '0091!; Abbildung 1 Absatz '0124! Absatz '0146! - Absatz '0147! Absatz '0151! & WO 03 007045 A (NIPPON KOGAKU KK) 23. Januar 2003 (2003-01-23) ---	1,3,5,6, 8,9,13, 15,16, 18, 20-24, 28,30, 33-36, 39,40
E	WO 03 009017 A (AZUMI MINAKO ;MOCHIDA MASAAKI (JP); SAKUMA SHIGERU (JP); HIRAIWA H) 30. Januar 2003 (2003-01-30) Zusammenfassung ---	1,13,18, 28,32,40
E	WO 02 093209 A (GRUNER TORALF ;BRUNOTTE MARTIN (DE); ENKISCH BIRGIT (DE); GERHARD) 21. November 2002 (2002-11-21) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-40



## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internat	Aktenzeichen
	PCT/EP 02/12690

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 6324003	B1	27-11-2001	AU 2443001 A EP 1242836 A1 WO 0150161 A1	16-07-2001 25-09-2002 12-07-2001
DE 4022904	A	23-01-1992	DE 4022904 A1 WO 9202041 A1 DE 59109234 D1 EP 0539384 A1	23-01-1992 06-02-1992 23-05-2002 05-05-1993
JP 11106296	A	20-04-1999	KEINE	
US 2003053036	A1	20-03-2003	WO 03007045 A1	23-01-2003
WO 03009017	A	30-01-2003	WO 03009017 A1	30-01-2003
WO 02093209	A	21-11-2002	DE 10123725 A1 DE 10123727 A1 DE 10125487 A1 DE 10127320 A1 WO 02093257 A2 WO 02093209 A2	21-11-2002 21-11-2002 02-01-2003 12-12-2002 21-11-2002 21-11-2002

## フロントページの続き

(81) 指定国 AP(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, 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, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, 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, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, N O, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72) 発明者 エンキッシュ, ハルトムト

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 1 アーレン・シェリングシュトラッセ・2 9 / 1

(72) 発明者 グルナー, トラルフ

ドイツ連邦共和国・7 3 4 3 3 アーレン - ホフェン・オパールシュトラッセ・2 2

Fターム(参考) 2H087 KA21 RA05 RA12 RA13 TA01 TA05

2H097 LA10

5F046 BA03 CB12 CB25