

發明專利說明書

230304548

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：71136479

※ 申請日期：91-12-18

※IPC 分類：G02B 13/4, 13/24
H01L 21/077 G03F 7/20

壹、發明名稱：(中文/英文)

成像光學系統及投影曝光裝置

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

尼康股份有限公司

代表人：(中文/英文)

山崎村輝郎

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3-2-3

國 籍：(中文/英文)

日 本

參、發明人：(共 2 人)

發明人 1

姓 名：(中文/英文)

末永 豊

住居所地址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3-2-3 尼康股份有限公司內

國 籍：(中文/英文)

日 本

發明人 2

姓 名：(中文/英文)

山口 弘太郎

住居所地址：(中文/英文)

日本東京都千代田區丸之內 3-2-3 尼康股份有限公司內

國 籍：(中文/英文)

日本

肆、聲明事項：

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項 ☐ 第一款但書或 ☐ 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

◎本案申請前已向下列國家（地區）申請專利 ☒ V 主張國際優先權：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本；2001.12.18；2001-384465

2.

3.

4.

5.

☐ 主張國內優先權（專利法第二十五條之一）：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關成像光學系統，以及將原板圖案縮小投影於基板上之投影曝光裝置。

【先前技術】

投影曝光裝置之投影光學系統隨著高解析度化的需求，其使用波長漸趨向短波長。現今，短波長化已發展至193nm(ArF 雷射)之程度。今後，隨短波長化的進展，甚至波長157nm (F_2 雷射)亦是可期待者。

然而，因單波長的光具有高能量，有可能在透過投影光學系統內的透鏡時產生照射變動，以致有性能惡化之虞。

此種性能惡化現象，在使用波長200nm以下之投影光學系統，如特開平5-173065號公報所揭示之折射型投影光學系統、甚至如特開平5-72478號公報所揭示之反射折射型投影光學系統亦會發生（又，該等透鏡材料為石英(SiO_2 ））。

因而，若使用波長為160nm以下時，因為光的吸收量更大（透過率只能達70%左右），故由此所產生的熱將導致折射率變化、膨脹、甚至造成面形狀的改變，以致無法避免大幅度的性能惡化。

因之，針對波長為160nm以下時所使用之透鏡材料，遂研議使用較不易吸收的螢石(CaF_2)。

【發明內容】

然而，與其他折射構件同樣地，使用螢石(CaF_2)時會產生「複折射」，導致像的對比度降低的現象之一。

該螢石(CaF_2)之複折射量，對習知的長波長(200nm 以上)的光而言係可忽視的程度。

然而，對於上述短波長(200nm 以下)的光而言卻已大到無法忽視，將顯著地造成像的對比度的降低。

為抑制該複折射的影響，現今雖嘗試以調整透鏡位置等法來求解決之道，事實上，卻仍未見有效縮小該影響的方法或提案。

因此，本發明之目的，係提供能有效縮小在短波長化的情況所產生的複折射，且對比度佳的高性能之成像光學系統、以及高性能之投影曝光裝置。

申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其特徵在於：至少具備一個由 SrF_2 之結晶材料所構成之折射構件。

申請專利範圍第 2 項係如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，該 SrF_2 的結晶材料之 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸係與該折射構件的光軸方向一致。

申請專利範圍第 3 項係如申請專利範圍第 2 項之成像光學系統，其中，該 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件，以光軸為基準的成像光束之最大通過角度係較其他的折射構件為大。

申請專利範圍第 4 項係如申請專利範圍第 3 項之成像光學系統，其中，該 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件，出射面與入射面之面間隔係較其他的折射構件為大。

申請專利範圍第 5 項係如申請專利範圍第 1~4 項中任一項之成像光學系統，其係以數值孔徑 0.6 以上的光束來成像，該 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件，以光軸為基準之成像光束的最大通過角度 θ 滿足 $\sin\theta > 0.4$ 。

申請專利範圍第 6 項係如申請專利範圍第 1 至 5 項中任一項的成像光學系統，其中，至少具備一個由 CaF_2 的結晶材料所構成的折射構件。

申請專利範圍第 7 項係如申請專利範圍第 1 至 6 項中任一項的成像光學系統，其中，全部的折射構件均為波長 160nm 以下的光可透過之材料所構成，將物體的縮小像作遠心 (telecentric) 投影，並且，其縮小側的數值孔徑為 0.6 以上。

申請專利範圍第 8 項係一種投影曝光裝置，係將原板圖案縮小投影至基板上者，其特徵在於，具備：可射出波長 160nm 以下的光之光源、以及申請專利範圍第 7 項之成像光學系統。

【實施方式】

以下參照圖式說明本發明之實施形態。

(第 1 實施形態)

參照圖 1 及圖 2 來說明本發明之第 1 實施形態。

以下，對結晶材料的複折射量 n 之定義，係「對結晶材料內彼此正交的 2 個偏光方向之折射率 n_1 、 n_2 的差值」。彼此正交的方向，例如， $\langle 110 \rangle$ 的結晶軸方向以及 $\langle 001 \rangle$ 的結晶軸方向等（又，並不侷限方向的取向方式以及單位

。例如，可用相位或光學距離作為單位）。

首先，參照最近的研究結果（載於 SEMATECH Calcium Fluoride Birefringence Workshop, 18 July 2001, San Francisco. CA 之資料），如圖 1 所示， F_2 雷射(157nm)的波長域所產生的複折射量 n ，以氟化鋇(BaF_2)為最大，螢石(CaF_2)次之，氟化鋇(SrF_2)最小。此外，圖 1 之中，各結晶材料的複折射量 n 係依據波長別來顯示。尤特別的是，該波長域中，氟化鋇(SrF_2)之複折射量 n 的大小，係螢石(CaF_2)的複折射量 n 之 $1/3$ 左右、氟化鋇的複折射量 n 之 $1/10$ 左右。

本實施形態中，成像光學系統至少具備一個由氟化鋇(SrF_2)的結晶材料（以下稱為氟化鋇材料）所構成之折射構件。其結果，該成像光學系統於使用波長為 157nm 附近（150nm 至 160nm）時，複折射的影響確實較使用其他結晶材料時要小。

圖 2 係表示本實施形態之成像光學系統的圖。

因結晶材料之複折射係以異向性（因偏光方向所導致複折射量 n 之不均一性）來表示（非對稱之複折射量；以 Intrinsic Birefringence 等稱之），故，當通過結晶材料的光線之角度 θ 相異時，複折射量 n 亦互異。又，在結晶材料內沿 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸方向進行的光線，複折射量 n 為 0，該方向越傾斜其複折射量 n 越逐漸變大。

此處，本實施形態的成像光學系統中，所使用之氟化鋇材料之 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸與光軸方向 Z 一致。因此，至少對平

行入射至使用該氟化鋁材料的折射構件之光線而言，產生的複折射量為 0。

再者，本實施形態較佳係將複折射量 n 較小的該氟化鋁材料，用於成像光學系統中其位置較易產生複折射之折射材料。亦即，一般的結晶材料中，光線的進行方向從 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸起越傾斜其複折射量 n 變越大，故，其位置較易發生複折射之折射構件，如圖 2 中的箭頭所示般，其以光軸 Z 為基準之成像光束的最大通過角度 θ ，較其他折射構件的最大通過角度 θ 為大。

再者，圖 2 所示之成像光學系統雖係縮小投影光學系統，在該例時，因配置在像面 W 側的折射構件 L18，其光線的最大通過角度 θ 大，故易發生複折射。如所揭示者，藉使用氟化鋁材料作為折射構件，即使成像光學系統被高數值孔徑化，仍可抑制複折射的影響。並且，複折射的影響係當光線的通過距離越長則越大，是故，對於不得不放大入射面與出射面的面間隔（亦即厚度）之此類折射構件，以使用該氟化鋁材料為佳。故對於折射構件 L18 使用氟化鋁材料乃為適當作法。

又，本實施形態中，係將氟化鋁材料用在其位置較易發生複折射的折射構件，故，其位置較難發生複折射的折射構件（以光軸 Z 為基準的成像光束之最大通過角度 θ 較小，可藉較薄之折射構件來構成者），可使用其他的材料。此時，藉著將氟化鋁用於其位置較易發生複折射的折射構件，俾使成像光學系統的整體性能較習知提高。

又，本實施形態中，若運用在數值孔徑(NA)為 0.6 以上之高 NA 的成像光學系統時尤具效果。究其原因，在一般的結晶材料中，以 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸方向為基準之光線的進行角度 θ 係 $\sin \theta > \sqrt{3}/3$ ($\sin \theta > 0.4$) 的關係時，其複折射量 n 變得特別大，故其影響較大。

具體而言，在該成像光學系統中，對於以光軸 Z 為基準之成像光束的最大通過角度 θ 滿足 $\sin \theta > 0.4$ 之光學材料，以使用上述氟化鋇材料為佳。

然而，即便是使用氟化鋇材料的折射構件僅係少數，仍有發生複折射之可能性。因此，本實施形態中，除氟化鋇材料之外，以將 1 個螢石(CaF_2)的結晶材料（以下稱螢石材料）至少用於一個折射構件為佳。其原因乃在於，如圖 1 所示者，螢石(CaF_2)的複折射量 n ，與氟化鋇(SrF_2)的複折射量 n ，彼此呈反向符號，故可收彼此抵消之效。然而，使用螢石材料者，以較難發生複折射，且係儘可能配置於靠近使用氟化鋇材料之折射構件為佳。使位置靠近之原因乃在於，為確實抵消複折射，必須使通過兩種材料的各光線的各通過角度大致相等。

圖 2 所示之使用螢石材料例較佳係，例如，與使用氟化鋇材料的折射構件（箭頭部分）鄰接之折射構件。

（第 2 實施形態）

以下參照圖 3 以說明本發明之第 2 實施形態。

圖 3 係本實施形態之投影曝光裝置的概略構成圖。

本實施形態之投影曝光裝置所載置的投影光學系統 L

，具有第 1 實施形態所揭示之成像光學系統的所有特徵。
又，使用於該投影光學系統 L 整體之各折射構件，係使用波長 160nm 以下的光可透過之材料。

再者，投影光學系統 L 之設計，係將物體的縮小像作遠心投影，且縮小側的數值孔徑為 0.6 以上者。

又，光源部 101 的光源，係使用 F₂ 雷射等能夠發射波長 160nm 以下的光之光源。

習知，使用該種光源時，因受制於投影光學系統 L 內的折射構件之複折射的影響，故，使投影像的對比度降低的可能性提高。然而，本實施形態中，投影光學系統 L 係使用了上述第 1 實施形態的各種成像光學系統，故而，縮小了短波長時所產生之複折射的影響。因之，確保了投影像的對比度。

再者，投影曝光裝置中，至少包含晶圓載台 108、用來供應光之光源部 101、以及投影光學系統 L。此處，晶圓載台 108，可將已塗布感光劑的基板（晶圓）W 載置在表面 108a 上。又，載台控制系統 107，係用來控制晶圓載台 108 的位置。投影光學系統 L，係藉由上述各實施形態之干涉測定裝置所製成之高精度投影透鏡。又，投影光學系統 L 之配置位置，係在配置標線片（光罩）R 的物面 P1 和與晶圓 W 的表面一致之像面 P2 之間。進而，投影光學系統 L 具有應用在掃描式投影曝光裝置的對準光學系統。又，照明光學系統 102，包含了用來調節標線片 R 與晶圓 W 之間的相對位置之對準光學系統 103。標線片 R，係用來將該標

線片 R 的圖案影像投影至晶圓 W 上，且配置在可對晶圓載台 108 的表面 108a 作平行移動的標線片載台 105 上。又，標線片交換系統 104，係用來交換及搬運載置在標線片載台 105 上的標線片 R。又，標線片交換系統 104，包含了使標線片載台 105 對晶圓載台 108 的表面 108a 進行平行移動之載台驅動器（未圖示）。又，主控制部 109 係負責控制從對位至曝光作業的一連串處理。

（實施例）

以下根據圖式及圖表來說明本發明之實施例。

（第 1 實施例）

圖 4、表 1、表 2 係本發明之第 1 實施例。

圖 4 係表示本實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

該圖 4 中，W 為晶圓面，R 為標線片面。

本實施例之投影光學系統中，依從標線片面 R 側起光束射之入順序，具有折射鏡 L1、L2、.....L18。

其中，折射鏡 L4、L5、L6、L17、L18，係使用氟化鋇材料。除此之外的折射鏡，係使用螢石材料者。

表 1、表 2 係本實施例之投影光學系統的透鏡資料表（Lens data（單位：mm））。

表 2 係有關投影光學系統的非球面之資料。

又，表中的面編號，係依從標線片 R 側起的光束射入順序設為 1、2、.....。又，表中的符號中，D0 係表示從標線片 R 起至標線片 R 側最遠的透鏡面為止之距離；BF 係表

示從晶圓 W 側最遠的透鏡面起至晶圓 W 為止的距離（作動距離）（在表 3、表 5、表 7、表 9、表 11 亦為相同表示方式）。

再者，本實施形態中，第 6 面、第 22 面、第 23 面、及第 33 面為非球面，故，表 2 中分別表示該等之非球面係數。

此外，表中的 K、A、B、C、D、E、F、G，係分別表示圓錐係數、4 次的非球面係數、6 次的非球面係數、8 次的非球面係數、10 次的非球面係數、12 次的非球面係數、14 次的非球面係數、及 16 次的非球面係數。亦即，非球面形狀係以下式表示（在後述表 4、表 6、表 8、表 10、表 12 亦為相同表示方式）。

（數 1）

$$Z=\frac{Y^2/r}{[1+\{1-(1+K)Y^2/r^2\}^{1/2}]}+AY^4+BY^6+CY^8+DY^{10}+EY^{12}+FY^{14}+GY^{16}$$

（表 1）

縮小側 NA=0.8，Field=22×5mm，倍率 1/4，D0=59.39146，
BF=8.87037，曝光波長 λ =157.624nm，折射率：CaF₂N=1.559293，
SrF₂N=1.575600

	曲率半徑	間隔	材料
1:	385.29790	27.41608	CaF ₂
2:	-250.27907	2.00000	
3:	171.31803	47.25138	CaF ₂

4:	105.72470	17.95095	
5:	-2098.23396	12.01403	CaF ₂
6:	166.02919	25.52017	
7:	-110.91266	12.00000	SrF ₂
8:	533.89406	31.82297	
9:	-111.04424	33.12604	SrF ₂
10:	-135.88381	2.05652	
11:	-1491.62047	50.76727	SrF ₂
12:	-196.69324	2.00000	
13:	717.65800	51.68442	CaF ₂
14:	-438.89101	2.30993	
15:	242.47858	55.60561	CaF ₂
16:	5320.20605	35.46225	
17:	179.71783	45.16897	CaF ₂
18:	212.23352	57.90721	
19:	-458.53890	12.05465	CaF ₂
20:	130.20916	41.48530	
21:	-141.50339	10.97921	CaF ₂
22:	364.65050	58.07865	
23:	-1990.48460	48.46475	CaF ₂
24:	-179.50600	2.01428	

25:	∞	9.14934	
26:	264.59560	50.88000	CaF ₂
27:	-1532.41073	35.10256	
28:	-308.16535	25.21903	CaF ₂
29:	-410.67435	4.41619	
30:	329.44555	43.37878	CaF ₂
31:	-2049.99564	2.00000	
32:	205.79010	43.81438	CaF ₂
33:	3584.06274	2.00000	
34:	129.45116	40.36803	SrF ₂
35:	328.99782	19.55489	
36:	705.00774	70.08560	SrF ₂
37:	∞		

(表 2)

6 面 : K: 0.000000

A: -0.126912 × 10 ⁻⁰⁶	B: -0.311285 × 10 ⁻¹¹	C: -
0.204273 × 10 ⁻¹⁵		
D: 0.197929 × 10 ⁻¹⁹	E: 0.196479 × 10 ⁻²³	F: -
0.314822 × 10 ⁻²⁶		
G: 0.428092 × 10 ⁻³⁰		

22 面 : K: 0.000000

A: 0.781345×10^{-07} B: $-0.362221 \times 10^{-11}$ C: -
 0.128134×10^{-15}
 D: 0.734347×10^{-20} E: 0.985386×10^{-24} F: -
 0.990375×10^{-28}
 G: 0.281018×10^{-32}

23 面 : K: 0.000000

A: $-0.168786 \times 10^{-08}$ B: 0.123896×10^{-12} C: -
 0.199647×10^{-17}
 D: $-0.421476 \times 10^{-22}$ E: $-0.596873 \times 10^{-26}$ F: -
 0.802317×10^{-30}
 G: $-0.272582 \times 10^{-34}$

33 面 : K: 0.000000

A: 0.161879×10^{-07} B: 0.544841×10^{-12} C: -
 0.486726×10^{-17}
 D: 0.113882×10^{-21} E: 0.457343×10^{-25} F: -
 0.234166×10^{-29}
 G: 0.784662×10^{-34}

(第 2 實施例)

圖 5、表 3、表 4 係本發明之第 2 實施例。

圖 5 係表示本實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

該圖 5 中，W 為晶圓面，R 為標線片面。

本實施例之投影光學系統中，依從標線片面 R 側起之光束射入順序，具有折射鏡 L1、L2、.....L18。

其中，折射鏡 L4、L5、L6、L11、L16、L17、L18，係使用氟化鋇材料者。除此之外的折射鏡，係使用螢石材料者。

表 3、表 4 係本實施例之投影光學系統的透鏡資料表(單位：mm)。

表 4 係投影光學系統的非球面之資料。

再者，本實施形態中，第 6 面、第 22 面、第 23 面、及第 33 面為非球面，故，表 4 中分別表示該等之非球面係數。

(表 3)

縮小側 NA=0.8，Field=22×5mm，倍率 1/4，D0=59.61323，BF=8.87037，曝光波長 λ =157.624nm，折射率：CaF₂N=1.559293，SrF₂N=1.575600

	曲率半徑	間隔	材料
1:	378.26391	27.44802	CaF ₂
2:	-253.42739	2.00000	

3:	170.45335	47.23138	CaF ₂
4:	105.29978	17.82781	
5:	-2278.07174	12.00168	CaF ₂
6:	165.52536	25.58216	
7:	-110.26803	12.00000	SrF ₂
8:	526.98742	31.82836	
9:	-111.24007	33.12927	SrF ₂
10:	-136.07757	2.05794	
11:	-1527.30516	50.68264	SrF ₂
12:	-196.52001	2.00000	
13:	726.00265	51.36688	CaF ₂
14:	-437.49493	2.36805	
15:	242.24201	55.69243	CaF ₂
16:	5195.18495	35.49025	
17:	179.69759	45.18437	CaF ₂
18:	212.77181	57.96533	
19:	-469.74983	12.06968	CaF ₂
20:	130.37911	41.11774	
21:	-143.45515	10.97921	SrF ₂
22:	381.04514	58.07373	
23:	-2000.00000	48.40252	CaF ₂

24:	-180.07001	2.00522	
25:	∞	9.14934	
26:	264.30761	50.73267	CaF ₂
27:	-1577.99209	34.86381	
28:	-313.03498	25.83762	CaF ₂
29:	-417.75635	4.60124	
30:	324.87700	43.39854	CaF ₂
31:	-2277.05398	2.00000	
32:	208.82198	43.74352	SrF ₂
33:	3222.85196	2.00004	
34:	129.60212	40.45798	SrF ₂
35:	332.94015	19.64086	
36:	725.32728	70.02422	SrF ₂
37:	∞		

(表 4)

6 面 : K: 0.000000

A: $-0.127475 \times 10^{-06}$ B: $-0.315415 \times 10^{-11}$ C: $-0.181772 \times 10^{-15}$

D: $-0.352864 \times 10^{-20}$ E: 0.126718×10^{-22} F: -

$$0.572739 \times 10^{-26}$$

$$G: 0.675238 \times 10^{-30}$$

$$22 \text{ 面} : K: 0.000000$$

$$A: 0.785150 \times 10^{-07} \quad B: -0.350254 \times 10^{-11} \quad C: -$$

$$0.131109 \times 10^{-15}$$

$$D: 0.662788 \times 10^{-20} \quad E: 0.106649 \times 10^{-23} \quad F: -$$

$$0.105457 \times 10^{-27}$$

$$G: 0.306903 \times 10^{-32}$$

$$23 \text{ 面} : K: 0.000000$$

$$A: -0.178760 \times 10^{-08} \quad B: 0.937669 \times 10^{-13} \quad C: -$$

$$0.233643 \times 10^{-17}$$

$$D: -0.449524 \times 10^{-22} \quad E: -0.635574 \times 10^{-26} \quad F: -$$

$$0.811022 \times 10^{-30}$$

$$G: -0.298686 \times 10^{-34}$$

$$33 \text{ 面} : K: 0.000000$$

$$A: 0.161285 \times 10^{-07} \quad B: 0.515677 \times 10^{-12} \quad C: -$$

$$0.429906 \times 10^{-17}$$

$$D: 0.121509 \times 10^{-21} \quad E: 0.413630 \times 10^{-25} \quad F: -$$

0.208595×10^{-29}

$G: 0.715988 \times 10^{-34}$

(第 3 實 施 例)

圖 6、表 5、表 6 係表示本發明之第 3 實施例。

圖 6 係表示本實施例的投影光學系統之構成的光路圖

。

該圖 6 中，W 為晶圓面，R 為標線片面。

本實施例之投影光學系統中，依從標線片面 R 側起之光束射入順序，具有折射鏡 L1、L2、.....L18。

其中，折射鏡 L4、L5、L6、L17、L18，係使用氟化鋇材料者。除此之外的折射鏡，係使用螢石材料者。

表 5、表 6 係本實施例之投影光學系統的透鏡資料表(單位：mm)。

表 6 係投影光學系統的非球面之資料。

再者，本實施形態中。第 6 面、第 22 面、第 23 面、及第 33 面為非球面，故，表 6 中分別表示該等之非球面係數。

(表 5)

縮小側 NA=0.8，Field=22×5mm，倍率 1/5，DO=57.41031，
BF=8.95288，曝光波長 λ =157.624nm，折射率：CaF₂N=1.559293，
SrF₂N=1.575600

	曲率半徑	間隔	材料
1:	277.29199	28.69565	CaF ₂

2:	-340.73996	3.00000	
3:	260.77271	74.71765	CaF ₂
4:	115.58125	21.18467	
5:	-2174.96646	16.20624	CaF ₂
6:	187.24901	26.03656	
7:	-104.47807	10.00000	SrF ₂
8:	458.69956	28.30292	
9:	-129.59043	33.39754	SrF ₂
10:	-154.97314	3.09087	
11:	-2705.42256	46.61902	SrF ₂
12:	-189.44240	3.00000	
13:	571.59188	42.62816	CaF ₂
14:	-495.70780	3.00000	
15:	251.20392	45.10565	CaF ₂
16:	15595.52086	36.49588	
17:	164.24829	40.77306	CaF ₂
18:	208.08059	48.21812	
19:	-674.28437	10.00000	CaF ₂
20:	127.54540	38.46172	
21:	-134.21809	11.47826	CaF ₂
22:	318.02214	80.15324	

23:	-6129.75754	40.85725	CaF ₂
24:	-200.22315	3.24168	
25:	∞	9.56522	
26:	302.95323	47.23174	CaF ₂
27:	-626.09582	42.99476	
28:	-222.24669	24.01647	CaF ₂
29:	-278.52663	3.00000	
30:	461.19113	38.82878	CaF ₂
31:	-653.89500	3.00106	
32:	171.96683	43.35382	CaF ₂
33:	712.50400	9.42619	
34:	128.90045	34.10267	SrF ₂
35:	409.38754	9.89554	
36:	1073.25210	73.55644	SrF ₂
37:	∞		

(表 6)

6 面 : K: 0.000000

A: $-0.123924 \times 10^{-06}$	B: $-0.192455 \times 10^{-11}$	C: $-0.254210 \times 10^{-16}$
D: $-0.550117 \times 10^{-19}$	E: 0.187726×10^{-22}	F: -

200304548

0.378195×10^{-26}

G: 0.293943×10^{-30}

22 面 : K: 0.000000

A: 0.724325×10^{-07} B: $-0.481187 \times 10^{-11}$ C: -

0.143486×10^{-15}

D: 0.122916×10^{-19} E: 0.207397×10^{-23} F: -

0.273650×10^{-27}

G: 0.105074×10^{-31}

23 面 : K: 0.000000

A: $-0.114133 \times 10^{-07}$ B: 0.133856×10^{-12} C: -

0.576263×10^{-17}

D: 0.747660×10^{-22} E: $-0.663535 \times 10^{-26}$ F: -

0.676075×10^{-30}

G: $-0.268267 \times 10^{-34}$

33 面 : K: 0.000000

A: 0.795719×10^{-08} B: 0.653049×10^{-12} C: -

0.661860×10^{-17}

D: 0.129401×10^{-21} E: 0.468122×10^{-25} F: -

0.262726×10^{-29}

$G: 0.892472 \times 10^{-34}$

(第 4 實施例)

圖 7、表 7、表 8 係表示本發明之第 4 實施例。

圖 7 係表使本實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

該圖 7 中，W 為晶圓面，R 為標線片面。

本實施例之投影光學系統中，依從標線片面 R 側起之光束射入順序，具有折射鏡 L1、L2、.....L18。

其中，折射鏡 L4、L5、L6、L11、L16、L17、L18，係使用氟化鋇材料者。除此之外的折射鏡，係使用螢石材料者。

表 7、表 8 係本實施例之投影光學系統的透鏡資料表(單位：mm)。

表 8 係投影光學系統的非球面之資料。

再者，本實施形態中，第 6 面、第 22 面、第 23 面、及第 33 面為非球面，故，表 8 中分別表示該等之非球面係數。

(表 7)

縮小側 NA=0.8，Field=22×5mm，倍率 1/5，D0=56.63201，
BF=8.92629，曝光波長 λ =157.624nm，折射率：CaF₂N=1.559293，
SrF₂N=1.575600

	曲率半徑	間隔	材料
1:	283.07197	28.69565	CaF ₂

2:	-336.07660	3.00000	
3:	253.70970	75.45661	CaF ₂
4:	114.31858	20.90080	
5:	-1341.38156	15.97599	CaF ₂
6:	189.49255	25.83961	
7:	-104.23828	10.62871	SrF ₂
8:	469.94985	28.29967	
9:	-129.82150	33.41684	SrF ₂
10:	-155.06966	3.11257	
11:	-2667.86589	46.81874	SrF ₂
12:	-190.08098	3.00000	
13:	593.04816	43.08492	CaF ₂
14:	-478.65183	3.00000	
15:	247.99468	45.86592	CaF ₂
16:	11206.40304	36.88171	
17:	165.31725	40.84794	CaF ₂
18:	210.74114	48.16881	
19:	-674.96062	10.03199	CaF ₂
20:	127.97765	38.01877	
21:	-136.54163	11.47826	SrF ₂
22:	337.48354	79.96250	

23:	-4088.31378	39.70764	CaF ₂
24:	-200.26814	3.02721	
25:	∞	9.56522	
26:	301.68874	46.83729	CaF ₂
27:	-632.36811	42.66551	
28:	-217.18585	24.00000	CaF ₂
29:	-268.88756	3.00000	
30:	476.95837	38.45697	CaF ₂
31:	-630.75018	3.07000	
32:	172.59381	44.07537	SrF ₂
33:	697.28584	9.71050	
34:	127.26193	33.91065	SrF ₂
35:	403.80037	10.41344	
36:	1068.22882	71.79212	SrF ₂
37:	∞		

(表 8)

6 面 : K: 0.000000

A:-0.126014×10⁻⁰⁶ B:-0.179165×10⁻¹¹ C:

$$0.111534 \times 10^{-16}$$

$$D: -0.876553 \times 10^{-19} \quad E: 0.332245 \times 10^{-22} \quad F: -$$

$$0.699804 \times 10^{-26}$$

$$G: 0.577843 \times 10^{-30}$$

$$22 \text{ 面} : K: 0.000000$$

$$A: 0.746937 \times 10^{-07} \quad B: -0.466635 \times 10^{-11} \quad C: -$$

$$0.154153 \times 10^{-15}$$

$$D: 0.104039 \times 10^{-19} \quad E: 0.231927 \times 10^{-23} \quad F: -$$

$$0.285738 \times 10^{-27}$$

$$G: 0.108026 \times 10^{-31}$$

$$23 \text{ 面} : K: 0.000000$$

$$A: -0.118495 \times 10^{-07} \quad B: 0.100898 \times 10^{-12} \quad C: -$$

$$0.619400 \times 10^{-17}$$

$$D: 0.860527 \times 10^{-22} \quad E: -0.120948 \times 10^{-25} \quad F: -$$

$$0.103827 \times 10^{-29}$$

$$G: -0.381372 \times 10^{-34}$$

$$33 \text{ 面} : K: 0.000000$$

$$A: 0.745039 \times 10^{-08} \quad B: 0.652723 \times 10^{-12} \quad C: -$$

$$0.664807 \times 10^{-17}$$

$$D: 0.115874 \times 10^{-21} \quad E: 0.488591 \times 10^{-25} \quad F: -$$

$$0.278175 \times 10^{-29}$$

$$G: 0.944508 \times 10^{-34}$$

(第 5 實施例)

圖 8、表 9、表 10 係表示本發明之第 5 實施例。

圖 8 係表示本實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

該圖 8 中，W 為晶圓面，R 為標線片面。

本實施例之投影光學系統中，依從標線片面 R 側起之光束射入順序，具有折射鏡 L1、L2、反射鏡 M1、(折射鏡 L2、) 反射鏡 M2、折射鏡 L3、L4、.....L13，係來定義。

其中，折射鏡 L7、L11、L13，係使用氟化鋇材料者。除此之外的折射鏡，係使用螢石材料者。

表 9、表 10 係本實施例之投影光學系統的透鏡資料表(單位：mm)。

表 10 係投影光學系統的非球面之資料。

再者，本實施形態中，第 2 面、第 3 面、第 5 面、第 7 面、第 8 面、第 14 面、第 16 面、第 23 面、及第 33 面為非球面，故，表 10 中分別表示該等之非球面係數。

(表 9)

縮小側 NA=0.8，Field=22×5mm，倍率 1/5，DO=50.0，
BF=10.02290，曝光波長 λ =157.624nm，折射率：CaF₂N=1.559293

, $\text{SrF}_2\text{N}=1.575600$

	曲率半徑	間隔	材料
1:	209.33935	36.72379	CaF_2
2:	1152756.78033	11.07488	
3:	-258.41898	11.11111	CaF_2
4:	-2895.78229	18.15025	
5:	-273.37553	-18.15025	反射面
6:	-2895.78229	-11.11111	CaF_2
7:	-258.41898	-277.74154	
8:	1642.16070	332.00290	反射面
9:	5928.54398	34.09775	CaF_2
10:	-476.58835	1.00000	
11:	392.71559	38.81811	CaF_2
12:	25271.52618	122.24886	
13:	641.46710	33.86127	CaF_2
14:	571.74222	466.92100	
15:	-177.97162	15.94350	CaF_2
16:	691.53961	18.72314	
17:	-634.10418	30.18100	SrF_2
18:	-197.40747	1.04032	
19:	245.51092	39.83980	CaF_2

20:	-2375.46010	38.35056	
21:	566.82747	39.39250	CaF ₂
22:	-360.58643	10.00000	
23:	-332.81964	24.00000	CaF ₂
24:	-614.29714	1.00000	
25:	200.97811	38.11160	SrF ₂
26:	1794.29729	23.29131	
27:	170.24328	31.13617	CaF ₂
28:	4217.53345	9.89656	
29:	127.11070	70.06363	SrF ₂
30:	1262.22957		

(表 10)

2 面 : K: 0.0

A: 0.714246×10^{-08} B: 0.399699×10^{-13} C:
 0.194806×10^{-17}
D: 0.451578×10^{-21} E: $-0.166984 \times 10^{-24}$ F:
 0.166057×10^{-28}
G: $-0.569087 \times 10^{-33}$

3 面 : K: 0.0

A: $-0.792947 \times 10^{-09}$ B: 0.299761×10^{-12} C: $-0.154482 \times 10^{-16}$
D: 0.120434×10^{-18} E: $-0.434374 \times 10^{-22}$ F: 0.708404×10^{-26}
G: $-0.648336 \times 10^{-30}$

5 面 : K: 0.0

A: $-0.358846 \times 10^{-10}$ B: 0.350170×10^{-12} C: 0.133418×10^{-15}
D: $-0.288235 \times 10^{-19}$ E: 0.160151×10^{-22} F: $-0.370353 \times 10^{-26}$
G: 0.331879×10^{-30}

7 面 : K: 0.0

A: $-0.792947 \times 10^{-09}$ B: 0.299761×10^{-12} C: $-0.154482 \times 10^{-16}$
D: 0.120434×10^{-18} E: $-0.434374 \times 10^{-22}$ F: 0.708404×10^{-26}
G: $-0.648336 \times 10^{-30}$

8 面 : K: 0.0

A: $-0.153245 \times 10^{-08}$ B: 0.795791×10^{-14} C: -
0.524124 $\times 10^{-18}$
D: 0.644591×10^{-22} E: $-0.563588 \times 10^{-26}$ F: -
0.282839 $\times 10^{-30}$
G: $-0.636566 \times 10^{-35}$

14 面 : K: 0.0

A: 0.649623×10^{-08} B: 0.642104×10^{-13} C: -
0.122294 $\times 10^{-17}$
D: 0.200215×10^{-21} E: $-0.103243 \times 10^{-25}$ F: -
0.297335 $\times 10^{-30}$
G: $-0.334732 \times 10^{-35}$

16 面 : K: 0.0

A: 0.593138×10^{-07} B: $-0.876096 \times 10^{-12}$ C: -
0.298606 10^{-16}
D: 0.190730×10^{-20} E: 0.176009×10^{-24} F: -
0.226412 $\times 10^{-28}$
G: 0.127440×10^{-32}

23 面 : K: 0.0

A: $-0.115717 \times 10^{-07}$ B: $-0.216848 \times 10^{-12}$ C: $-0.737666 \times 10^{-17}$

D: $-0.355132 \times 10^{-21}$ E: 0.346103×10^{-25} F: $-0.375332 \times 10^{-29}$

G: 0.128972×10^{-33}

28 面 : K: 0.0

A: 0.419238×10^{-07} B: 0.110059×10^{-11} C: $-0.926359 \times 10^{-16}$

D: 0.177810×10^{-19} E: $-0.217636 \times 10^{-23}$ F: $-0.184072 \times 10^{-27}$

G: $-0.668852 \times 10^{-32}$

(第 6 實施例)

圖 9、表 11、表 12 係表示本發明之第 6 實施例。

圖 9 係表示本實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

該圖 9 中，W 為晶圓面，R 為標線片面。

表 11、表 12 係本實施例之投影光學系統的透鏡資料表(單位：mm)。

表 12 係投影光學系統的非球面之資料。

本實施例之投影光學系統中，依從標線片面 R 側起之光束射入順序，具有折射鏡 L1、L2、反射鏡 M1、(折射鏡 L2、)反射鏡 M2、折射鏡 L3、L4、.....L13。

其中，折射鏡 L6、L7、L11、L12、L13，係使用氟化鋇材料者。除此之外的折射鏡，係使用螢石材料者。

再者，本實施形態中，第 2 面、第 3 面、第 5 面、第 7 面、第 8 面、第 14 面、第 16 面、第 23 面、及第 28 面為非球面，故，表 12 中分別表示該等之非球面係數。

(表 11)

縮小側 NA=0.8，Field=22×5mm，倍率 1/5，DO=50.0，
BF=10.04656，曝光波長 λ =157.624nm，折射率：CaF₂N=1.559293
，SrF₂N=1.575600

	曲率半徑	間隔	材料
1:	209.23148	36.62001	CaF ₂
2:	1998913465.9	311.11936	
3:	-258.28698	11.11111	CaF ₂
4:	-2882.82317	18.04242	
5:	-273.32411	-18.04242	反射面
6:	-2882.82317	-11.11111	CaF ₂
7:	-258.28698	-277.78603	
8:	1642.53429	331.94517	反射面
9:	7541.20592	34.18982	CaF ₂
10:	-467.30943	1.00000	
11:	394.25957	38.87976	CaF ₂
12:	31570.74057	122.29855	

13:	638.11269	33.81500	CaF ₂
14:	567.58868	466.80145	
15:	-182.50898	15.77521	SrF ₂
16:	714.86714	18.76217	
17:	-630.46086	30.23493	SrF ₂
18:	-197.10408	1.10485	
19:	245.37015	39.29599	CaF ₂
20:	-2391.24244	38.05860	
21:	568.50040	39.15007	CaF ₂
22:	-359.76777	10.00000	
23:	-332.47372	24.00000	CaF ₂
24:	-616.73440	1.00000	
25:	200.05848	38.06519	SrF ₂
26:	1761.98974	23.28009	
27:	175.48635	31.24128	SrF ₂
28:	4570.96226	10.02723	
29:	127.34862	70.18012	SrF ₂
30:	1277.14912		

(表 12)

2 面 : K: 0.0

A: 0.722118×10^{-08} B: 0.451895×10^{-13} C:
 0.162494×10^{-17}
 D: 0.472062×10^{-21} E: $-0.164042 \times 10^{-24}$ F:
 0.160573×10^{-28}
 G: $-0.545673 \times 10^{-33}$

3 面 : K: 0.0

A: $-0.308858 \times 10^{-09}$ B: 0.269418×10^{-12} C: -
 0.999449×10^{-17}
 D: 0.120514×10^{-18} E: $-0.434272 \times 10^{-22}$ F:
 0.707535×10^{-26}
 G: $-0.657251 \times 10^{-30}$

5 面 : K: 0.0

A: $-0.125089 \times 10^{-09}$ B: 0.366204×10^{-12} C:
 0.134075×10^{-15}
 D: $-0.280352 \times 10^{-19}$ E: 0.160075×10^{-22} F: -
 0.377102×10^{-26}
 G: 0.343871×10^{-30}

7 面 : K: 0.0

$$\begin{array}{lll}
 A: -0.308858 \times 10^{-09} & B: 0.269418 \times 10^{-12} & C: - \\
 0.99944910^{-17} & & \\
 D: 0.120514 \times 10^{-18} & E: -0.434272 \times 10^{-22} & F: \\
 0.707535 \times 10^{-26} & & \\
 G: -0.657251 \times 10^{-30} & &
 \end{array}$$

8 面 : K: 0.0

$$\begin{array}{lll}
 A: -0.159158 \times 10^{-08} & B: 0.661124 \times 10^{-14} & C: - \\
 0.514064 \times 10^{-18} & & \\
 D: 0.6358561 \times 0^{-22} & E: -0.568300 \times 10^{-26} & F: \\
 0.294220 \times 10^{-30} & & \\
 G: -0.682392 \times 10^{-35} & &
 \end{array}$$

14 面 : K: 0.0

$$\begin{array}{lll}
 A: 0.642096 \times 10^{-08} & B: 0.634586 \times 10^{-13} & C: - \\
 0.114864 \times 10^{-17} & & \\
 D: 0.197474 \times 10^{-21} & E: -0.104851 \times 10^{-25} & F: \\
 0.316334 \times 10^{-30} & & \\
 G: -0.381982 \times 10^{-35} & &
 \end{array}$$

16 面 : K: 0.0

$$\begin{array}{lll}
 A: 0.592525 \times 10^{-07} & B: -0.846591 \times 10^{-12} & C: - \\
 0.287488 \times 10^{-16} & & \\
 D: 0.193610 \times 10^{-20} & E: 0.172609 \times 10^{-24} & F: - \\
 0.233816 \times 10^{-28} & & \\
 G: 0.136694 \times 10^{-32} & &
 \end{array}$$

23 面 : K: 0.0

$$\begin{array}{lll}
 A: -0.115342 \times 10^{-07} & B: -0.216139 \times 10^{-12} & C: - \\
 0.748124 \times 10^{-17} & & \\
 D: -0.360327 \times 10^{-21} & E: 0.349602 \times 10^{-25} & F: - \\
 0.369772 \times 10^{-29} & & \\
 G: 0.128020 \times 10^{-33} & &
 \end{array}$$

28 面 : K: 0.0

$$\begin{array}{lll}
 A: 0.416852 \times 10^{-07} & B: 0.109454 \times 10^{-11} & C: - \\
 0.926193 \times 10^{-16} & & \\
 D: 0.178796 \times 10^{-19} & E: -0.218154 \times 10^{-23} & F: \\
 0.183632 \times 10^{-27} & & \\
 G: -0.664722 \times 10^{-32} & &
 \end{array}$$

(發明效果)

如以上所述，依本發明，可確實縮小短波長化的情況所產生之複折射，故可實現對比度佳的高性能之成像光學系統，以及高性能之投影曝光裝置。

【圖式簡單說明】

(一) 圖式部分

圖 1 係以波長別來表示各結晶材料的複折射量 n 的圖。

圖 2 係表示第 1 實施形態之成像光學系統之例的圖。

圖 3 係第 2 實施形態之投影曝光裝置的概略構成圖。

圖 4 係表示第 1 實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

圖 5 係表示第 2 實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

圖 6 係表示第 3 實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

圖 7 係表示第 4 實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

圖 8 係表示第 5 實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

圖 9 係表示第 6 實施例的投影光學系統之構成的光路圖。

(二) 元件代表符號

101：光源部

- 102：照 明 光 學 系 統
- 103：對 準 光 學 系 統
- 104：標 線 片 交 換 系 統
- 105：標 線 片 載 台
- 107：載 台 控 制 系 統
- 108：晶 圓 載 台
- 109：主 控 制 部

伍、中文發明摘要：

為提供可將短波長化的情況所產生的複折射確實地縮小之高性能的成像光學系統、以及高性能的投影曝光裝置。

該成像光學系統及投影曝光裝置之特徵在於，至少具備一個由 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件。

陸、英文發明摘要：

拾、申請專利範圍：

1. 一種成像光學系統，其特徵在於：至少具備一個由 SrF_2 之結晶材料所構成之折射構件；

該 SrF_2 的結晶材料之 $\langle 111 \rangle$ 結晶軸，係與該折射構件的光軸方向一致；

該 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件，以光軸為基準的成像光束之最大通過角度係較其他的折射構件為大。

2. 如申請專利範圍第 1 項之成像光學系統，其中，該 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件，出射面與入射面之間隔係較其他的折射構件為大。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之成像光學系統，其係以數值孔徑 0.6 以上的光束來成像，該 SrF_2 的結晶材料所構成之折射構件，以光軸為基準之成像光束的最大通過角度 θ 係滿足 $\sin \theta > 0.4$ 。

4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之成像光學系統，其中，至少包含一個由 CaF_2 的結晶材料所構成的折射構件。

5. 如申請專利範圍第 3 項之成像光學系統，其中，至少包含一個由 CaF_2 的結晶材料所構成的折射構件。

6. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之成像光學系統，其中，全部的折射構件均為透過波長 160nm 以下的光可透過之材料，將物體的縮小像作遠心投影，並且，其縮小側的數值孔徑為 0.6 以上。

7. 如申請專利範圍第 3 項之成像光學系統，其中，全部的折射構件均為波長 160nm 以下的光可透過之材料所構

成，將物體的縮小像作遠心投影，並且，其縮小側的數值孔徑為 0.6 以上。

8. 如申請專利範圍第 4 項之成像光學系統，其中，全部的折射構件均為波長 160nm 以下的光可透過之材料所構成，將物體的縮小像作遠心投影，並且，其縮小側的數值孔徑為 0.6 以上。

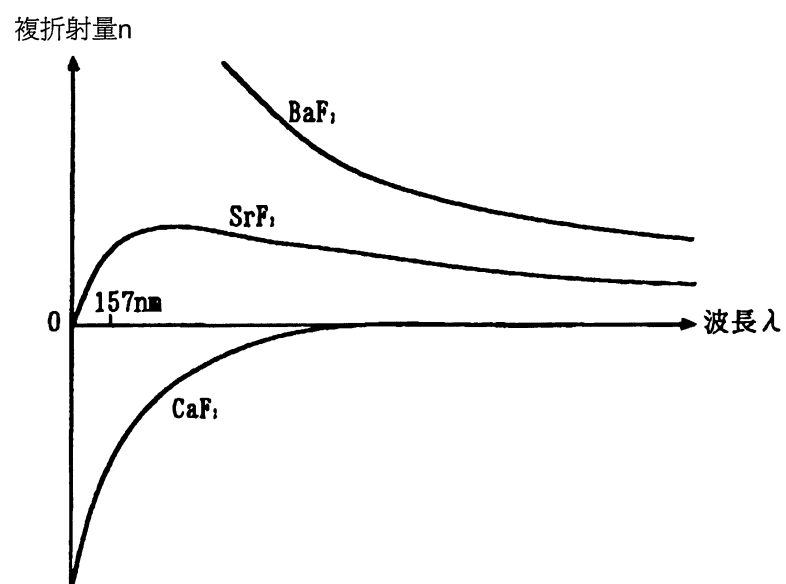
9. 如申請專利範圍第 5 項之成像光學系統，其中，全部的折射構件均為波長 160nm 以下的光可透過之材料所構成，將物體的縮小像作遠心投影，並且，其縮小側的數值孔徑為 0.6 以上。

10. 一種投影曝光裝置，係用以將原板圖案縮小投影至基板上者，其特徵在於，具備：射出波長 160nm 以下的光之光源、以及申請專利範圍第 6 至 9 項中任一項之成像光學系統。

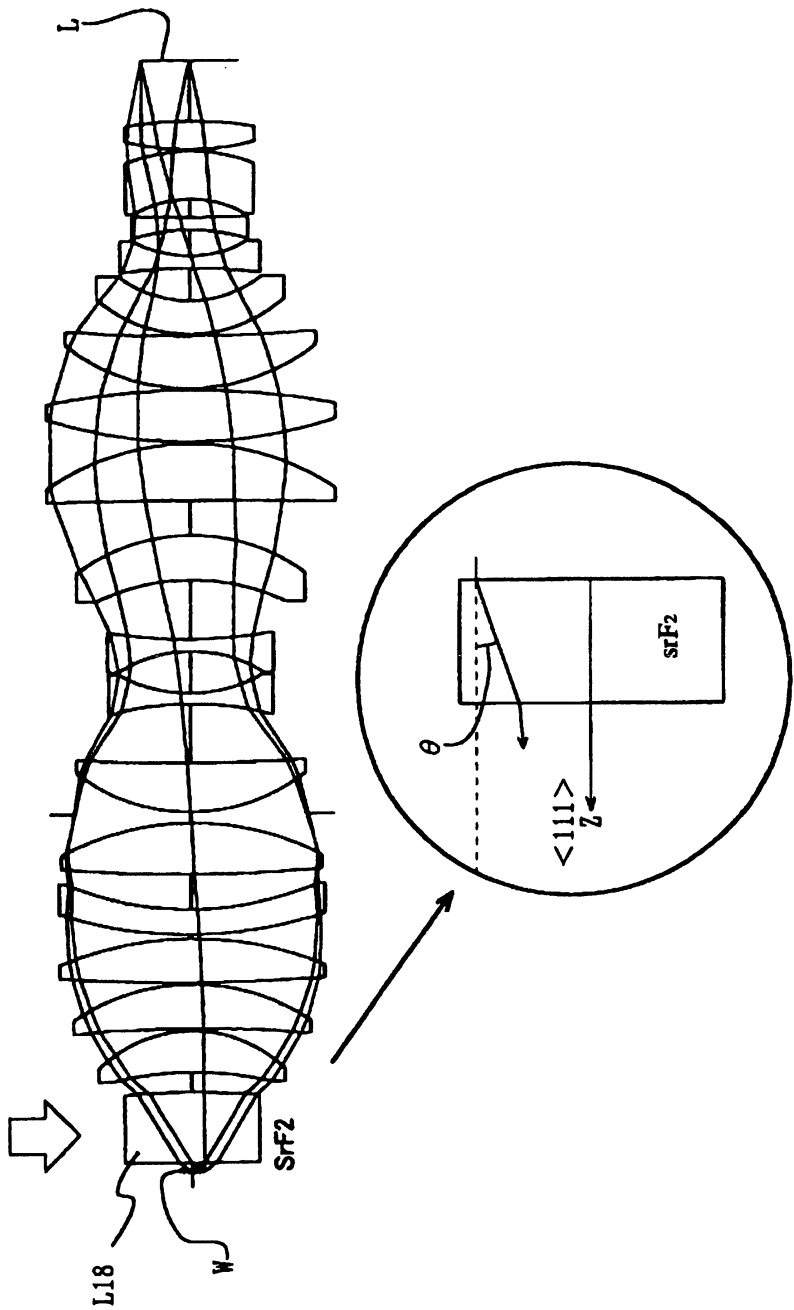
拾壹、圖式：

如次頁

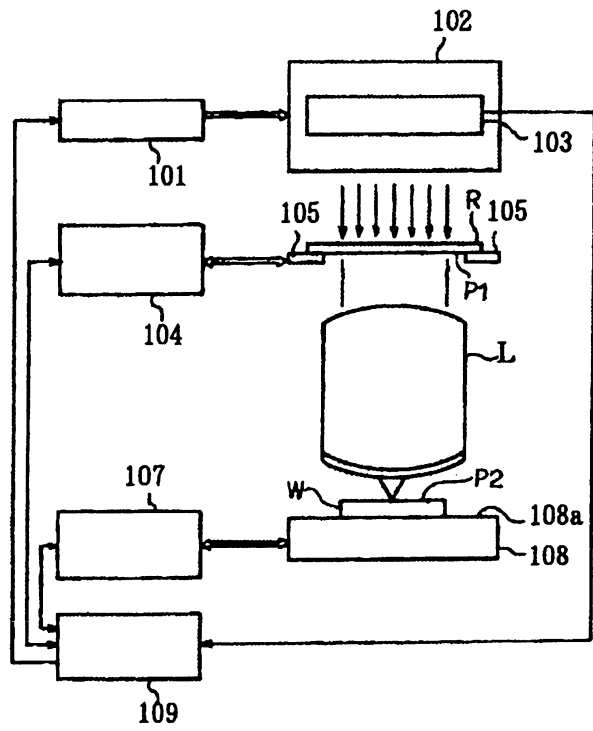
【圖1】



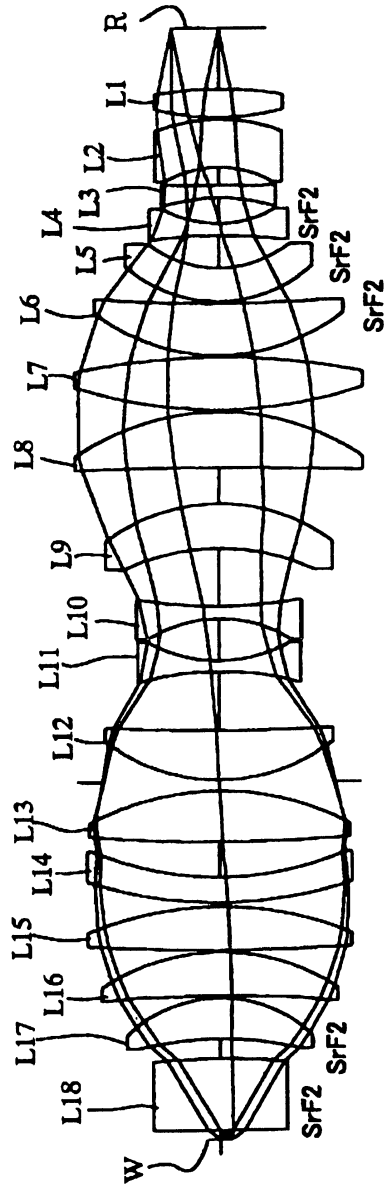
【圖 2】



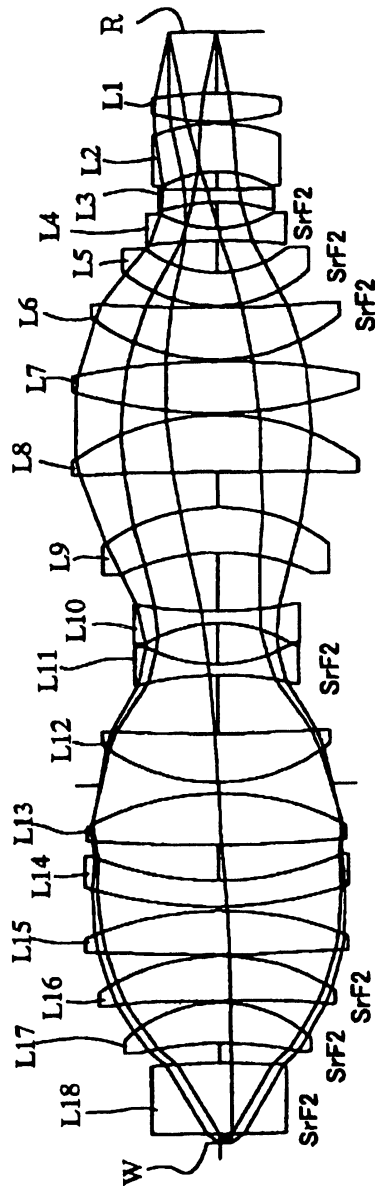
【圖3】



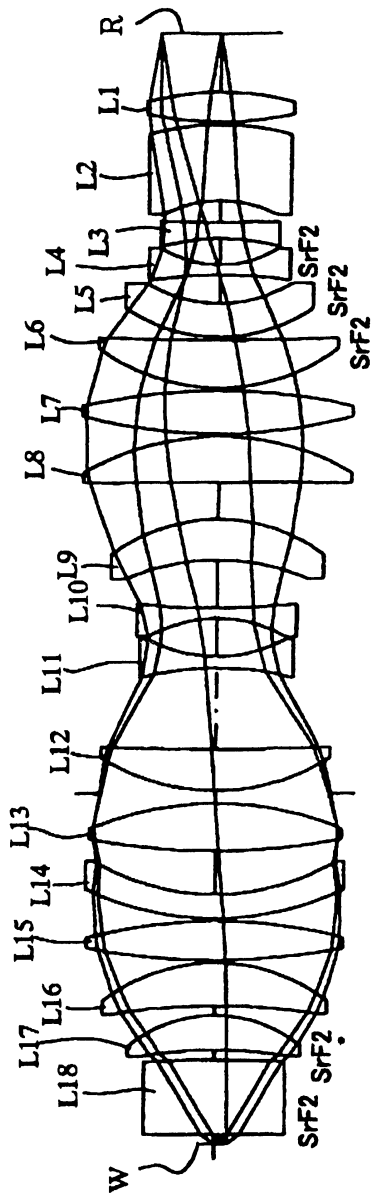
【圖4】



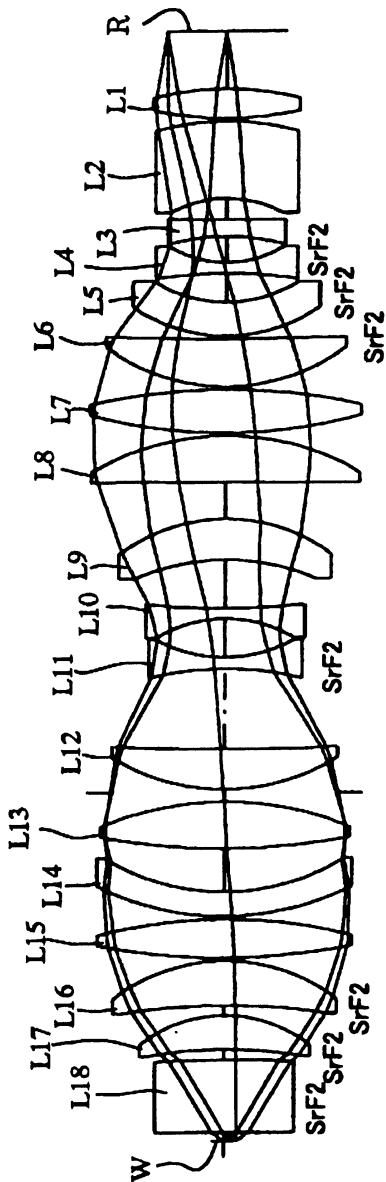
【圖5】



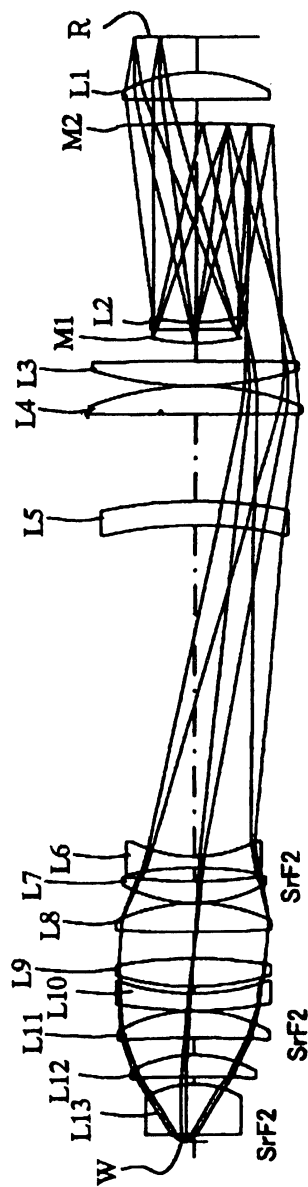
【圖6】



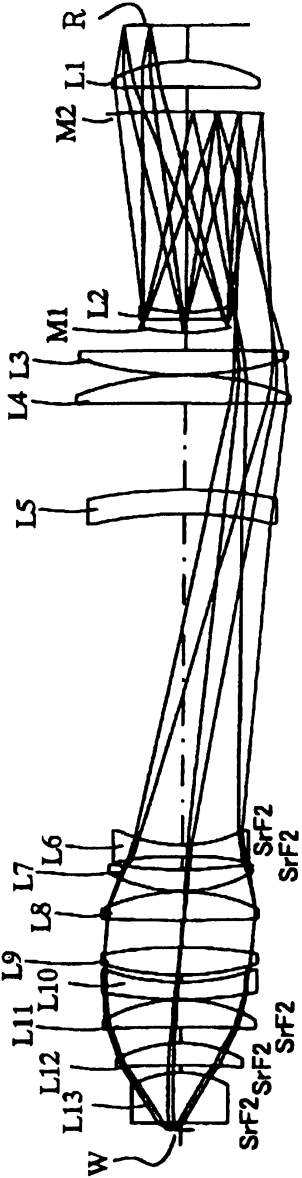
【圖7】



【圖8】



【圖9】



柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (1) 圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無