



(19) 대한민국특허청(KR)  
 (12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년12월29일  
 (11) 등록번호 10-0876153  
 (24) 등록일자 2008년12월19일

(51) Int. Cl.

G02B 13/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2000-0084568  
 (22) 출원일자 2000년12월28일  
 심사청구일자 2005년11월25일  
 (65) 공개번호 10-2001-0062830  
 (43) 공개일자 2001년07월07일

(30) 우선권주장

60/173,523 1999년12월29일 미국(US)  
 60/222,798 2000년08월02일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP08062502 A

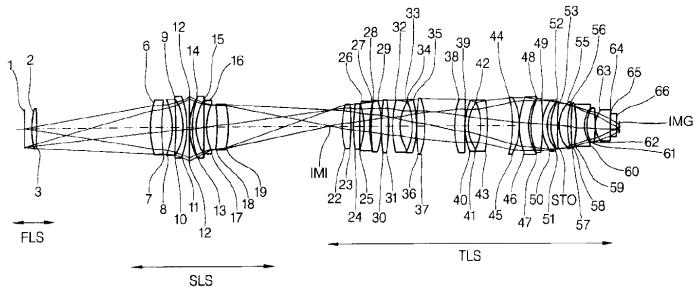
전체 청구항 수 : 총 69 항

(54) 비구면 요소를 갖는 투영 노출 렌즈 시스템

심사관 : 경천수

**(57) 요 약**

본 발명은 투영 노출 장치에 사용되는 투영 노출 렌즈(projection exposure lens)에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 상기 투영 노출 장치에 사용되는 대물렌즈 측의 굴절 광학계 시스템과 반사굴절 시스템에 관한 것이다. 본 발명에 따른 투영 노출 렌즈 시스템은 대물평면, 하나의 대물평면, 빔을 분리하기 위한 광학요소, 오목 거울, 영상평면, 상기 대물 평면과 상기 빔을 분리하기 위한 광학요소 사이에 위치하는 제 1 렌즈 시스템, 상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 오목 거울 사이에 위치하며 이중 통과되는 제 2 렌즈 시스템 및 상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 영상평면 사이에 위치하는 제 3 렌즈 시스템을 포함하여 구성되며, 상기 제 2 렌즈 시스템이 최대 5개의 렌즈로 구성되고 두 개의 렌즈는 부(negative) 렌즈이다.

**대 표 도**

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

삭제

### 청구항 2

삭제

### 청구항 3

하나의 대물평면;

빔을 분리하기 위한 하나의 광학요소;

하나의 오목 거울;

영상평면;

상기 대물 평면과 상기 빔을 분리하기 위한 광학요소 사이에 위치하는 제 1 렌즈 시스템;

상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 오목 거울 사이에 위치하며 이중 통과되는 제 2 렌즈 시스템; 및

상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 영상평면 사이에 위치하는 제 3 렌즈 시스템을 포함하여 구성되며,

상기 제 2 렌즈 시스템이 최대 5개의 렌즈로 구성되고 두 개의 렌즈는 부(negative) 렌즈인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 시스템이 두 개의 렌즈로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 시스템이 3개의 렌즈들로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 6

삭제

### 청구항 7

삭제

### 청구항 8

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 시스템의 두 렌즈들의 정점(vertex)사이의 거리가 0.6\*오목거울직경 보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 세 개의 렌즈는 제 1 렌즈, 제 2 렌즈 그리고 제 3 렌즈로 구성되며, 상기 제 2 렌즈 시스템의 상기 제 1 렌즈와 상기 제 3 렌즈의 정점 사이의 거리가 0.6\*오목거울직경 보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 10

제 4 항에 있어서,

상기 두 개의 렌즈들의 각각의 직경이 1.1\*개구스톱직경(diameter of aperture stop) 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 11

제 5 항에 있어서,

상기 3 개의 렌즈들의 각각의 직경이 1.1\*개구스톱직경 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 12

제 4 항에 있어서,

상기 빔을 분리하기 위한 광학 요소와 상기 제 2 렌즈 시스템의 2개의 렌즈 중의 제 1 렌즈 사이의 거리가 1.5\*상기 제 1 렌즈직경 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 13

제 5 항에 있어서,

상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 제 2 렌즈 시스템의 3 개의 렌즈 중의 제 1 렌즈 사이의 거리가 1.5\*상기 제 1 렌즈직경 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출렌즈 시스템.

### 청구항 14

제 3항에 있어서,

상기 빔을 분리하기 위한 광학요소가 빔 스플리터(splitter) 또는 폴딩면(folding surface)를 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노출렌즈 시스템.

### 청구항 15

제 3 항에 있어서,

알엠에스 파면 수차(rms wavefront aberration)가 20 밀리웨이브(miliwave)보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 16

제 3 항에 있어서,

상기 제 1 렌즈 시스템이 한 개의 렌즈로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 제 1 렌즈 시스템의 한 개의 렌즈가 양의 렌즈(positive lens)인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 제 1 렌즈 시스템의 상기 한 개의 렌즈가 하나의 비구면을 가지는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 19

제 14 항에 있어서,

상기 빔 폴딩면(folding surface)이 두 개의 폴딩 거울(folding mirror)로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 폴딩 거울들이 프리즘의 내부면인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 프리즘 재질의 굴절 상수가 1.4 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 프리즘 재질의 팽창 계수가 -20°C에서 + 300°C의 온도 범위에서  $10^{-6} K^{-1}$ 보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 23

제 19 항에 있어서,

상기 폴딩 거울의 면이 반사 강화 박막으로 코팅된 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 24

제 19 항에 있어서,

상기 폴딩 거울이 하나의 비구면을 가지는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 25

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 시스템과 상기 오목 거울이 경로가 변경되지 않은(unfolded) 광학축을 따라 배열되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 26

제 25 항에 있어서,

폴딩 거울이, 상기 제 1 렌즈 시스템과 상기 제 2 렌즈 시스템의 광학축이 교차하는 영역에 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 27

제 19 항에 있어서, 이중 투과되는 제 2 렌즈 시스템의 렌즈들과 상기 오목거울이, 상기 제 1 렌즈 시스템의 제 1 렌즈와 상기 대물 평면의 거리보다 상기 대물 평면으로부터 더 멀리 떨어지도록 하기 위하여 폴딩각(folding angle)이 90°에서 벗어나는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 28

제 3 항에 있어서,

중간상(intermediate image)이 포함되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 중간상은 상기 제 3 렌즈 시스템 내에 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 30

제 28 항에 있어서,

상기 중간상은 상기 빔을 분리하는 광학 요소와 상기 제 3 렌즈 시스템의 제 1 렌즈 사이에 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 31

제 3 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템이 개구스톱을 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템이 중간상과 상기 개구스톱 사이에 위치된 렌즈들이 없는 긴 드리프트 영역(drift space)을 가지는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 33

제 31 항에 있어서,

렌즈가 없는 드리프트 영역은 상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 영상 평면 사이 거리의 25%이상인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 34

제 28 항에 있어서,

중간상과 상기 제 3 렌즈 시스템 내에서 중간상이 시작되는 영상 평면 사이 거리의 50% 이내에서 최대 4 개의 렌즈가 위치되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 35

제 32 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템을 구성하는 렌즈들이 상기 개구스톱과 상기 영상평면 사이에서 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 투영 노출렌즈 시스템.

### 청구항 36

삭제

### 청구항 37

삭제

### 청구항 38

제 3 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 시스템과 오목거울을 포함하는 서브 시스템은 하나의 비구면을 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노출렌즈 시스템.

### 청구항 39

제 38 항에 있어서,

상기 오목거울 다음에 위치하는 상기 제 2 렌즈 시스템의 렌즈가 하나의 비구면을 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 40

제 38 항에 있어서,

상기 오목거울이 하나의 비구면을 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 41

제 39 항에 있어서,

상기 오목 거울 다음에 위치하는 상기 제 2 렌즈 시스템의 렌즈가 하나의 비구면을 포함하며, 상기 비구면이 상기 오목거울의 면과 마주하도록 위치되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 42

제 41 항에 있어서,

상기 오목 거울이 하나의 비구면을 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 43

제 38 항에 있어서,

개구 스톱이 제 3 렌즈 시스템에 위치하며, 하나 이상의 비구면의 조건  $h/\phi > 1.2$ 가 충족되며, 상기  $h$ 는 최대 개구수를 가지고 렌즈면을 통해 투과되어서 대물 평면의 광학축의 교차점으로부터 투영되어지는 것으로 가정하였을 경우에 렌즈 면에서 방출되는 빛의 높이이며, 상기  $\phi$ 는 제 3 렌즈 군의 개구 격막(diaphragm of aperture)의 반경인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 44

제 3 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템의 렌즈들 중 하나 이상이 비구면인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 45

제 44 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템의 하나 이상의 비구면은 개구 평면앞의 위치와 개구 평면 다음의 위치에 각각 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 46

제 44 항에 있어서,

상기 영상 평면에 인접하여 위치하는 렌즈 중의 하나의 렌즈면이 비구면인 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 47

제 3 항에 있어서,

상기 투영 노출 렌즈 시스템의 모든 렌즈들이 동일한 재료로 제조되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 48

제 3 항에 있어서,

상기 투영 노출 렌즈 시스템의 모든 렌즈들이 각각 제 1 재료와 제 2 재료 중의 어느 하나로 제조되고, 상기 투영 노출렌즈 시스템의 모든 렌즈들 중 단지 4개 렌즈만이 제 2 재료로 제조되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 49

제 47 항 또는 제 48 항에 있어서,

제 47 항에서의 상기 재료 또는 제 48 항에서의 상기 제 1 재료 또는 상기 제 2 재료는 석영유리, LiF, CaF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, 플루오르화물 결정 또는 이 물질들의 조합으로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 50

제 49 항에 있어서,

상기 투영 노출 시스템을 투과하여 진행하는 빛의 파장이

$180 < \lambda < 250\text{nm}$  인 경우 석영유리 또는 CaF<sub>2</sub>가,

$120 < \lambda < 180\text{nm}$  인 경우 CaF<sub>2</sub> 또는 BaF<sub>2</sub>가 렌즈의 재료로 사용되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 51

제 3 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템이 하나의 필드 렌즈(feild lens)군과 하나의 중간 보정 렌즈군 및 하나의 초점 렌즈(focussing lens)군으로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 52

제 51 항에 있어서,

상기 제 3 렌즈 시스템이 포함하는 상기 필드 렌즈 군은 양의 굴절력을 가지며, 상기 중간 보정 렌즈 군은 양 또는 음의 굴절력을 자지며, 상기 초점렌즈군은 양의 굴절력을 가지는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 53

제 3 항에 있어서,

대물측으로부터 음의 렌즈와 양의 렌즈의 순서로 되어있는 하나의 - +의 이중 접합 렌즈(-+ power doublet)가 상기 제 3 렌즈 시스템 내에 배열되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 54

삭제

#### 청구항 55

제 3 항에 있어서,

상기 투영 노출 렌즈 시스템은 중간상을 포함하며 상기 제 3 렌즈 시스템은 한 쌍의 오목-볼록 렌즈(menisci)을 포함하여 구성되며, 상기 중간상 측 오목-볼록 렌즈의 볼록면이 중간상을 향하며, 상기 또 다른 오목-볼록 렌즈의 볼록면은 상기 중간상 측 오목-볼록 렌즈의 볼록면이 향하는 방향과 반대로 향하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 56

제 51 항에 있어서,

한 쌍의 오목-볼록 렌즈는 상기 중간 보정 렌즈군 내에 위치되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 57

제 51 항에 있어서,

하나의 - + 이중 접합 렌즈가 상기 초점 렌즈 군내에 위치되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 58

제 53 항에 있어서,

상기 하나의 - + 이중 접합 렌즈가 상기 제 3 렌즈 시스템 내의 개구평면 다음에 위치되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 59

제 3 항에 있어서,

종축 색수차가 193nm에서 1pm의 대역폭당  $0.015\mu\text{m}$  보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 60

제 3 항에 있어서,

종축 색수차가 157nm에서 1pm의 대역폭당  $0.05\mu\text{m}$  보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 61

제 3 항에 있어서,

상기 투영 노출 렌즈 시스템은 양측 방향으로 텔레센트릭(telecentric)한 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

#### 청구항 62

UV 레이저 광원;

조명 장치;

마스크 제어 및 위치 지정 장치;

상기 제 3 항 내지 제 5 항, 제 8 항 내지 제 35 항, 제 38 항 내지 제 48 항, 제 51 항 내지 제 53 항, 제 55 항 내지 제 61 항 중 어느 한 항에서 언급된 투영 노출 렌즈 시스템; 및

웨이퍼 제어 및 위치 지정 장치를 포함하여 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 장치.

#### 청구항 63

제 62 항에 따른 투영 노출 장치를 이용하는 리소그래피에 의한 마이크로 구조 소자 제작방법에 있어서, 마스크(mask)는 웨이퍼 상에 상기 투영 노출 장치에 의해 투영되고 상기 조명 장치에 의해 비춰지는 것을 특징으로 하는 마이크로구조 소자 제작 방법.

#### 청구항 64

제 63 항에 있어서,

상기 이용은 스텝- 앤드 리피트, 스캐닝 또는 스티칭(step- and repeat, scanning or stitching) 노출 체계(scheme)로 되는 것을 특징으로 하는 마이크로 구조 제작 방법.

#### 청구항 65

삭제

#### 청구항 66

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 렌즈 시스템의 두 렌즈들의 정점(vertex)사이의 거리가 0.5\*오목거울직경 보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 67

제 5 항에 있어서,

상기 세 개의 렌즈는 제 1 렌즈, 제 2 렌즈 그리고 제 3 렌즈로 구성되며, 상기 제 2 렌즈 시스템의 상기 제 1 렌즈와 상기 제 3 렌즈의 정점 사이의 거리가  $0.5 \times$ 오목거울직경 보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 68

제 4 항에 있어서,

상기 두 개의 렌즈들의 각각의 직경이  $1.2 \times$ 개구스톱직경(diameter of aperture stop) 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 69

제 5 항에 있어서,

상기 3 개의 렌즈들의 각각의 직경이  $1.2 \times$ 개구스톱직경 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 70

제 4 항에 있어서,

상기 빔을 분리하기 위한 광학 요소와 상기 제 2 렌즈 시스템의 2개의 렌즈 중의 제 1 렌즈 사이의 거리가  $1.8 \times$ 상기 제 1 렌즈직경 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 71

제 5 항에 있어서,

상기 빔을 분리하기 위한 광학요소와 상기 제 2 렌즈 시스템의 3 개의 렌즈 중의 제 1 렌즈 사이의 거리가  $1.8 \times$ 상기 제 1 렌즈직경 보다 큰 것을 특징으로 하는 투영 노출렌즈 시스템.

### 청구항 72

제 3 항에 있어서,

알엠에스 과면 수차(rms wavefront aberration)가 10 밀리웨이브(milliwave) 보다 작은 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 73

제 48 항에 있어서,

상기 제 1 재료 및 상기 제 2 재료는 석영유리, LiF, CaF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, 플루오르화물 결정 또는 이 물질들의 조합으로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 74

제 73 항에 있어서,

상기 투영 노출 시스템을 투과하여 진행하는 빛의 파장이

$180 < \lambda < 250\text{nm}$  인 경우 석영유리 및 CaF<sub>2</sub>가,

$120 < \lambda < 180\text{nm}$  인 경우 CaF<sub>2</sub> 및 BaF<sub>2</sub>가 렌즈의 재료로 사용되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 75

제 3 항에 있어서,

상기 투영 노출 렌즈 시스템의 모든 렌즈들이 각각 제 1 재료와 제 2 재료 중의 어느 하나로 제조되고, 상기 투영 노출 렌즈 시스템의 모든 렌즈들 중의 단지 3개 렌즈만이 제 2 재료로 제조되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 76

제 75 항에 있어서,

상기 제 1 재료 및 상기 제 2 재료는 석영유리, LiF, CaF<sub>2</sub>, BaF<sub>2</sub>, 플루오르화물 결정 또는 이 물질들의 조합으로 구성되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

### 청구항 77

제 76 항에 있어서,

상기 투영 노출 시스템을 투과하여 진행하는 빛의 파장이

$180 < \lambda < 250\text{nm}$  인 경우 석영유리 및 CaF<sub>2</sub>가,

$120 < \lambda < 180\text{nm}$  인 경우 CaF<sub>2</sub> 및 BaF<sub>2</sub>가 렌즈의 재료로 사용되는 것을 특징으로 하는 투영 노출 렌즈 시스템.

## 명세서

### 발명의 상세한 설명

#### 발명의 목적

#### 발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<19>

본 발명은 반도체 제조 공정에 사용되는 웨이퍼 스캐너(wafer scanner) 또는 웨이퍼 스템퍼(wafer stepper) 또는 포토리소그래피(photolithography)에 의한 다른 마이크로 구조 제조 장치와 같은 투영 노출 장치에 사용되는 투영 노출 렌즈(projection exposure lens)에 관한 것으로, 더욱 상세하게는, 상기 투영 노출 장치에 사용되는 대물렌즈측의 굴절광학계 시스템과 반사굴절 시스템에 관한 것이다.

<20>

프레드만(Fredman)의 미국 특허 US 4,779,966에 상기 투영 노출 렌즈의 초기 실시예가 기술되어 있다. 그러나, 상기 미국 특허에서는 상기 굴절 광학계가 영상측 위치에 설치된다. 상기 미국 특허 US 4,779,966에 기술된 반사 굴절 광학 렌즈는 슈프만 색지음 렌즈의 원리로부터 개발이 시작되었다. 미국 특허 US 4,779,966이 제시하는 바는 다른 렌즈 원료 물질을 사용하지 않는 것으로서 결과적으로 순수한 용융 실리카(fused silica)로만 렌즈를 구성하는데 있다. 그런 결과로 광원에는 제한이 없으며, 대역폭은 1nm로 제한되어진다.

<21>

사인(Singh)의 미국 특허 US 5,052,763(EP 0,475,020)는 또 다른 실시예를 나타낸다. 상기 미국 특허 US 5,052,763는 서브시스템(subsystem)에 의하여 홀수 수차가 개별적으로 보정되도록 하는 것이며, 이렇게 함으로써 굴절광학계가 1:1 시스템이 되어 사물과 제일 처음 위치하는 편향 거울 사이에는 렌즈가 배열되지 않도록 구성되는 것이 바람직하다. 또한 상기 미국 특허 US 5,052,763에 제시된 렌즈들은 용융실리카로만 구성된다. 개구수(NA : Numerical apperture)은 0.7 까지 확장되며, 248nm의 엑시머 레이저(excimer laser) 또는 다른 파장을 가지는 레이저가 제시되어 있다. 상기 특허에서는 레이저의 선 폭을 좁히는 것이 제시되며 색수차 보정은 서로 다른 재질의 렌즈를 사용함으로써 피할 수 있다.

<22>

다카하시(Takahashi)의 미국 특허 US 5,691,802에는 또 다른 종래 기술로서의 실시예가 기술되어 있다. 상기 미국 특허 US 5,691,802에서는 양의 굴절력을 가지는 첫 번째 광학 요소 그룹이 첫 번째 편향 거울과 오목 거울 사이에 위치되어야 한다. 이러한 요구 사항은 거울의 직경을 감소시키기 위한 것이며, 이를 위해 양의 렌즈(Positive lens)가 첫 번째 편향 거울에 인접해서 위치되어 진다. 상기 모든 실시예들은 많은 수의 CaF<sub>2</sub>로 제작된 렌즈들을 보여주고 있다.

<23>

또 다른 종래 기술의 일 실시예로는 다카하시(Takahashi)의 유럽특허 EP 0 736 789 A가 있다. 상기 유럽특허 EP 0 736 789 A는 제 1 굴절 거울과 오목 거울 사이에 세 개의 렌즈 그룹이 배열되도록 구성되며, 상기 렌즈 그룹들은 양음양(plus minus plus)의 굴절력을 가지도록 배열된다. 이렇게 함으로써 오목 거울의 직경을 감소시킬

수 있다. 따라서, 제 1 양의 렌즈는 제 1 굴절 거울 근처에 위치된다. 상기 유럽 특허 EP 0 736 789 A 또한 다수의 CaF<sub>2</sub> 렌즈들이 색 수차를 없애기 위해 사용된다.

<24> Oumura의 특허 DE 197 26 058 A에는 축소율이  $0.75 \leq \beta_1 \leq 0.95$ 를 가지며, 특정 관계의 기하 구조를 가지고 구성되고 또한 색수차를 없애기 위해 다수의 CaF<sub>2</sub> 렌즈들이 사용되어진 굴절 광학계가 설명되어 있다.

<25> 마이크로 리소그래피 투영 노출 시스템의 굴절 렌즈들을 위해서는, 렌즈를 투과하는 광이 두 배로 강하게 확장될 수 있도록 렌즈가 설계되어야 한다는 것이 잘 알려진 사실이다. (참고, Glatzel, E., Zeiss-information 26(1981), No. 92, 8페이지부터 13 페이지 까지). + - + - + 렌즈 그룹을 가지는 최근의 투영 렌즈들의 일 실시 예들이 마츠자와(Matsuzawa)와 수에나가(Suenaga)의 특허 EP 0 770 895에 제시되어 있다.

<26> 그러나 본원 발명의 특징을 가지는 잘 알려진 굴절 광학 렌즈들의 굴절 부분의 대물렌즈는 상술한 종래 기술의 예들 보다 간결한 구조를 갖는다.

<27> 비구면 특성을 가지는 거울 또는 렌즈들로 구성된 투영 굴절 광학 노출 렌즈가 JP 10-10429와 EP 0 869 383에 잘 알려져 있다.

<28> JP 10-10429에 따르면 상기 비구면은 반사 거울의 인접부에 위치한다.

<29> 반사거울의 인접부에 비구면을 위치시킴으로써 일그러짐을 더욱 잘 보정할 수 있게된다. 또한 상기 특허 JP 10-10429에 따른 시스템은 중간상을 가진다.

<30> 특히 EP 0 869 383에는 적어도 두 개의 비구면을 가지는 굴절 광학계가 기술되어 있다. 축에서 벗어나는 수차를 보정하기 위해서 비구면 중의 하나는  $h/\phi < 0.85$  의 조건을 만족해야 하며, 축 상에서의 수차를 보정하기 위해서는 다른 비구면은  $0.85 < h/\phi < 1.2$ 의 조건을 만족해야한다.

<31> 여기서  $h$ 는 광학 축과 대상물이 위치하는 면과의 교차점에서 방출되는 것으로 간주되고, 최대 개구수(NA)을 가지고서 렌즈 면을 투과하는 광선 범위 각각의 렌즈면상에서 가지는 높이이고,  $\phi$ 는 개구 스텝부(Aperture stop)의 조리개 반경이다. 특히 EP 0 869 383의 내용은 비구면 렌즈를 사용하여 고 해상도의 이미지를 제공하는 것이다.

<32> 특히 EP 0 869 383에서 제시하는 바는 비구면 렌즈를 사용함으로써 굴절광학계에서 사용되는 렌즈의 수를 줄일 수 있다는 것이다. 또한 특히 EP 0 869 383은 오직 중간상을 가지는 굴절 광학계에 대한 것이다. EP 0 869 383의 일 실시예는 두 번째의 비구면 렌즈가 굴절 광학계의 오목 거울의 인접부 또는 개구 스텝부의 인접부에 위치하는 반면 첫 번째 비구면 렌즈는 중간상의 인접부에 위치하는 굴절 광학계를 나타낸다.

<33> 특히 WO 99/524004는 일부가 비구면 렌즈로 구성되는 소수의 렌즈열로 구성된 굴절광학계 대물렌즈의 일 실시 예가 기재되어 있다. 특히 WO 99/524004에서 제시된 굴절 광학계는 적어도 4개 이상의 비구면 렌즈를 가지는 총 16개의 렌즈로 구성되며 개구수(NA)이 0.65인 것으로 알려져 있다.

<34> E. Heynacher, Zeiss-information 24, pp. 19-25(1978/79), Heft 88에는 비구면을 사용하여 개별적으로 이미지의 오차를 다루는데는 부적합하나 전체적인 이미지 오차를 보정하는 경우에는 적합한 복잡한 광학 시스템이 제시되어 있다.

### 발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<35> 따라서, 본 발명의 목적은 양과 질적인 면에서 CaF<sub>2</sub>를 이용하는데 제약으로 작용되는 큰 개구수, 큰 이미지 영역(Image field)과 충분한 레이저 대역폭과 견고하고 안정된 구조를 가질 수 있도록 하는 새로운 구조 원리로써의 굴절 광학계를 제공하는데 있다. 따라서 본원 발명의 가장 중요한 목적은 DUV(193nm)와 VUV(157nm) 시스템을 위한 투영 노출 렌즈에서 사용되는 렌즈의 수를 최소로 하는데 있다. 본원 발명의 또 다른 목적은 상기 시스템이 중간상을 가지는 시스템에 제한되지 않도록 하는데 있다.

<36> 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 청구항 1항에 따르는 투영 노출 렌즈를 제공한다.

<37> 본원 발명의 또 다른 목적은 렌즈의 수를 최소화함으로써 전체 투영 노출 렌즈에 의한 흡수 손실과 반사 손실을 줄이는 것이다.

<38> 이중 광 경로를 가지는 투영 노출 렌즈의 제 2 렌즈 시스템에서 렌즈 재질에 따른 흡수와 표면에서 반사에 의한 손실의 바람직하지 않은 효과가 두배가 되므로 이를 제거하기 위하여 제 2 렌즈 시스템을 구성하는 렌즈의 수를

감소시킴으로써 상기에 기술된 본원 발명의 또 다른 목적은 달성될 수 있다.

- <39> 본원 발명에 따르는 광학계는 제 2 렌즈 시스템이 최대 5개의 렌즈로 구성되며, 두 개 또는 세 개의 렌즈로 구성됨이 가장 바람직하다.
- <40> 본원 발명의 바람직한 일 실시예 내에서 음의 굴절력을 가지는 렌즈는 제 2 렌즈 시스템 내에서 빛을 분할하기 위한 광학 요소와 오목 거울 사이에 위치한다. 상기의 음의 굴절력은 두 개의 부(negative) 렌즈들로 구성됨이 바람직하다.
- <41> 색 길이 수차(chromatic length aberration, CLH)의 보정을 수행하기 위한 본원 발명의 또 다른 바람직한 일 실시예에서 제 1 렌즈 시스템과 제 3 렌즈 시스템이 과소 보정(under correction)을 수행하는 동안 제 2 렌즈 시스템은 과 보정(over correction)을 수행한다.
- <42> 본원 발명에 따르는 렌즈 시스템에서 제 2 렌즈 시스템에 생기는 긴 유동 단면(drift section)은 다양한 이점을 제공하며, 상기 이점은 다음과 같다.
- 제 2 렌즈 시스템에 렌즈 구성 요소를 장착하는데 있어서 종래 기술에서 대물부에 렌즈를 장착하는 것 보다 덜 복잡하다.
  - 제 2 렌즈 시스템의 렌즈들과 오목 거울은 별개의 렌즈 그룹으로서 장착될 수 있으며, 빔 분할을 위한 광학 구성요소와 제 2 렌즈 시스템의 제 1 렌즈 사이에 금속성 튜브를 필요로 하지 않는다.
- <43> 본원 발명의 또 다른 유용한 실시예들이 청구항 4 항에서 청구항 61항까지의 종속항들 중 하나 이상이 본원 발명에 추가됨으로써 다양하게 변형 실시될 수 있다.
- <44> 제 62 항의 청구항에 의해 제시되는 투영 노출 렌즈 장치는 제 1항 내지 제 61항에 따르는 적어도 하나 이상의 투영 노출 렌즈를 종래 장치에 결합하여 구성될 수 있다.
- <45> 본원 발명에 따르는 리소그래피(석판술 : lithography)에 의한 미세 구조 장치를 제조하는 방법은 상기 청구항 제 62항에 따르는 투영 노출 장치를 사용하는 것을 특징으로 하며, 청구항 제 63항은 상기 미세 구조 제조 장치를 제공하는 방법에 있어서 유리한 방법을 제공한다.
- <46> 본원 발명은 하기 본원 발명의 상세한 설명과 첨부 도면에 의하여 더욱 상세히 설명될 것이며, 이것들은 오직 설명을 위한 것으로 본원 발명이 이에 한정되는 것은 아니다. 본원 발명의 적용 범위는 이하에 기술된 상세한 설명으로부터 분명해질 것이다. 그러나, 본원 발명의 바람직한 일 실시예를 나타내는 본원 발명의 상세한 설명과 첨부된 실시예들은 설명을 위한 것으로 이에 의하여 본원 발명의 기술적 사상이 한정되지는 아니하며, 본원 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양하게 변형 실시될 수 있음을 자명하다.

### 발명의 구성 및 작용

- <47> 먼저 본원 발명에 따르는 투영 노출 렌즈가 사용되는 투영 노출 장치(도면에 미 도시 됨)를 설명한다. 상기 투영 노출 장치는 적절하게 소 대역폭을 가지는 엑시머 레이저와 같은 광원을 포함한다. 조명 시스템은 넓은 영역을 제공하며 미세하게 제어되고, 조명을 수행함에 있어서도 투영 렌즈의 텔레센트릭한 성질(telecentricity)의 요구사항을 만족하도록 매우 균일하게 조명하며 또한 다양한 등급의 조명모드를 선택할 수 있도록 구성된다. 이러한 다양한 조명의 선택 모드는 다양한 등급으로 간접성을 변화시킬 수 있는 조명, 환형 또는 사중극조명(quadrupole illumination) 등과 같은 것일 수 있다.
- <48> 마스크 또는 레티클(reticle)은 조명 영역내에서 웨이퍼 스캐너 투영 노출 장치에 사용되는 스캐닝 드라이브를 포함하는 마스크 또는 레티클 고정 및 제어 시스템에 의하여 이동된다. 본원 발명에 따르는 투영 노출 렌즈가 차례대로 하기에 더욱 상세히 설명될 것이다.
- <49> 투영 노출 렌즈는 웨이퍼 상에 마스크의 축소된 이미지를 만들어낸다. 상기의 웨이퍼는 고정되고 이동되며 마지막으로 스캐닝부에 의해서 스캔된다.
- <50> 본원 발명을 구성하는 모든 시스템은 제어부에 의해서 제어된다. 상기의 제어부와 상기 제어부의 사용 방법은 종래 기술로서의 마이크로 리소그래픽 투영 노출 기술로 더욱 잘 알려져 있다.
- <51> 그러나, 약  $0.2\mu\text{m}$ 와 저 분해능을 가지는 영역에서 사용되는 투영 노출 장치로 고 효율을 얻기 위해서는  $193\text{nm}$ 에서 동작될 수 있는 다수의 투영 노출 렌즈를 필요로 한다. 즉 무리 없이 이용할 수 있는 대역폭( $193\text{nm}$ 에서  $15\text{pm}$ )을 가지는  $248\text{nm}$  또는  $157\text{nm}$ 의 엑시머 레이저 파장에서도 적절하게 동작하며, 고해상 이미지 측에서 0.65

에서 0.8까지의 고 개구수(numerical aperture) 또는 그 이상의 개구수를 가지고 있고, 7x20에서 10x30 mm<sup>2</sup>의 원형 또는 직사각형의 넓은 스캐닝 영역을 가지는 다양한 투영 노출 렌즈를 필요로 한다.

<54> 이러한 설계의 개념은 LiF와 같은 물질로 투영 노출 렌즈를 제작함으로써 손쉽게 126nm의 파장을 사용할 수 있도록 수정될 수 있다.

<55> 상기에 언급한 종래의 기술들에 따르는 시스템들도 상기의 요구 사항을 적절하게 만족한다.

<56> 그러나 본원 발명에 의해 실행된 다양한 수단과 본원 발명에 의한 특징들이 이러한 시스템들의 성능을 개선시킨 것으로 판명됐다.

<57> 도 1의 단면도에 보여지는 일 실시예로서의 렌즈 배열들은 첨부에서 코드-V-포맷(code-V-format)에서 표 1에 주어진 렌즈 데이터를 가지며 용융 실리카 렌즈들만이 사용되었다. 상기의 실시예는 한가지 재료만을 사용하여 렌즈를 제작하였을 뿐만 아니라, 도 1에 도시된 바와 같은 설계 방식은 248nm 또는 157nm를 가지는 다른 파장의 빛에 적용될 수 있도록 손쉽게 수정될 수 있다. 표 1에 도시된 물체(object)들의 일련 번호는 도 1의 도면 부호와 동일한 것이다.

<58> 중간상(intermediate image, IMI)으로의 접근이 용이하기 때문에 필드 스톱(field stop)을 손쉽게 삽입할 수 있으며, 개구 스톱(aperture stop: STO) 또한 접근이 용이하다.

<59> 굴절 광학계(catadioptric system)내에서의 빛의 분할은 본원 발명의 실시예를 나타내는 첨부된 도면 중 도 1 내지 도 7에는 도시되어 있지 않다. 빛의 분할은 특히 US 5,742,436에 설명된 빔 스플리트 프리즘과 같은 물리적인 빔 스플리터(Beam splitter)에 의해 손쉽게 이루어진다. 이 문현은 여기에 포함되어 있다.

<60> 굴절 광학계 내에서 빛을 분할하는 또 다른 방법은 편향 거울(deflecting mirror)을 사용하는 것이다. 상기와 같은 굴절 광학계에서 사용되는 편향 거울은 오목거울로 그리고 오목 거울로부터 빛을 분할하는 분리 간격과 렌즈들 사이의 간격 요건에 의하여 그 기하학적 구조가 결정된다.

<61> 두 개의 편향 거울의 배치로 광축은 직선이며, 초기평면(0)과 영상 평면(IMG 평면)은 평행하다. 즉 마스크와 레터를 및 웨이퍼가 평행하게 배열되어 스캔을 용이하게 한다. 그러나, 상기 두 개의 편향 거울 중 하나는 굴절 렌즈인 제 3 렌즈 시스템(TLS)에서 편향 거울로 대체될 수도 있다. 상기에서 편향 거울이 프리즘과 같은 다른 편향 광학 소자들로 대체될 수 있음을 자명하다.

<62> 두 개의 면(2,3)을 가지는 적절한 배율을 가지는 양의 렌즈가 단일 빔 영역을 이루는 제 1 렌즈 시스템 (FLS)에서 원래 평면 가까이에 위치된다. 상기 두 개의 면(2,3)을 가지는 양의 렌즈는 오목거울(13)의 초점거리와 같은 정도의 초점거리를 갖는다. 상기와 같은 구성은 오목거울(13)이 개구면(pupil plane)에 위치하게 함으로써 오목 거울을 구성하는데 필요한 직경을 최소로 한다.

<63> 두 개의 면(6,7)을 가지는 또 다른 양의 렌즈가 렌즈면(6,7,8,9,10,11)을 가진 세 개의 렌즈로 구성되어 이중 통과되는 제 2 렌즈 시스템 (SLS)에서 제 1 렌즈(6,7)로서 위치된다. 200nm에서 300nm 직경의 오목 거울의 제조 조건이 CaF<sub>2</sub>로 제조된 렌즈들을 사용하는 경우에 비해서 광학 시스템 자체를 작게 만드는데 별다른 이점이 없으며 비 균질성(inhomogeneties)등의 제약을 가지기 때문에 오목거울(100)의 반경을 감소시키기 위해서 두 개의 면(6,7)을 가지는 양의 렌즈를 사용할 필요는 없다.

<64> 제 2 렌즈 시스템 (SLS)에 구성된 렌즈면(8,9,10,11)들을 갖는 두 개의 오목렌즈는 오목거울(13)과 함께 작용하여 입사각과 곡률을 크게 함으로써 오목거울(13)에 의한 왜곡을 보정한다.

<65> 이중 광 경로 영역이 세 개의 렌즈로 구성되는 상기의 본 발명의 실시예에서와 같이 굴절 광학계에서 이중 광 경로를 구성하는 렌즈의 수를 적은 수로 제한하는 것은 중요하다. 상기의 중요성은 상기와 같이 구성된 굴절 광학계의 모든 렌즈들의 계수가 보정을 위한 추가적인 자유도를 부여하지 않으면 굴절 광학계에서 전송하는 에너지와 파면의 균질성의 저하를 두배로 증가시키기 때문이다.

<66> 도 1에 도시된 본원 발명의 바람직한 일 실시예로서의 투영 노출 렌즈의 이중 광경로를 구성하는 제 2 렌즈 시스템 (SLS)은 오직 하나의 비구면(9,16)을 갖는다. 상기 비구면(9,16)은 상기면을 구성하는 렌즈의 웨이퍼 또는 이미지측(IM-side)에 위치된다.

<67> 중간상평면(IMI)에 필드 스톱(field stop)이 삽입되는 것이 바람직하며, 이렇게 함으로써 분산되는 빛을 감소시키는 이점이 있다.

- <68> 중간상평면 다음에 위치하는 제 3 렌즈 시스템 TLS는 종래 기술로서 잘 알려져 있다. 본원 발명에 따르는 일 실시예로서의 제 3 렌즈 시스템은 비구면을 가지지 않는다. 상기 제 3 렌즈 시스템의 상세한 설계 자료가 본원 명세서에 첨부된 코드-V-포맷으로 표 1에 상세히 나타나 있다.
- <69> 이미지측의 개구수 NA= 0.70을 가지는 도 1에 따르는 본원 발명의 바람직한 일 실시예는 0.015nm의 대역폭을 가지는 엑시머 레이저를 사용하여 축에서 6mm 벗어난 30x7mm<sup>2</sup>의 정방형 이미지 영역에 0.2μm보다 작은 분해능을 가지는 마이크로 구조를 프린트할 수 있다.
- <70> 도 2와 표 2는 본원 발명의 또 다른 실시예를 나타낸다. 도 2에 도시된 제 2 렌즈 시스템(SLS)은 두 번씩 투과되는 총 4개의 렌즈들로 구성된다. 도 1과는 다르게 도 2에서는 비구면(160)이 제 3 렌즈 시스템 (TLS)에서 웨이퍼에 투영된 영상을 향하는 면에 위치한다. 도 2에 도시된 실시예에 따르는 상세한 설명이 코드-V-포맷으로 표2에 주어져 있다. 상기 표 2에 기재된 물체의 번호는 도 2의 도면부호와 일치한다.
- <71> 도 3 과 도 4 및 표 3 과 표 4는 본원 발명에 따르는 투영 노출 렌즈의 또 다른 실시예를 나타낸다. 전술된 본원 발명의 실시예와 같이 도 3 및 도 4에 도시된 본원 발명에 따르는 또 다른 실시예들은 이미지 측 개구수 NA 가 0.70이다. 표 3 및 표 4에 표기된 숫자들은 도 3 및 도 4의 도면부호와 일치한다.
- <72> 도 3 및 도 4에 도시된 제 2 렌즈 시스템과 오목 거울을 가지는 굴절 광학계는 오목 거울(211) 상에 위치되는 비구면에 의하여 종래의 기술보다 탁월한 성능을 보여준다. 상기와 같은 구성은 굴절 광학계에서 필요한 렌즈의 수를 총 3개까지로 줄일 수 있게 한다. 상기 굴절 광학계에서 렌즈면(206,207,208,209)을 가지는 두 개의 음(negative)의 렌즈들만이 두 번 통과된다.
- <73> 도 3 에 도시된 본원 발명에 따르는 일 실시예로서의 투영 노출 렌즈는 한 개의 비구면을 가지는 반면, 도 4의 일 실시예는 제 3 렌즈 시스템 (TLS)내에 위치하는 추가적인 비구면을 더 포함한다. 상기의 제 3 렌즈 시스템에 위치하는 추가적인 비구면은 웨이퍼상에 투영된 이미지 (IMG)를 향하는 면에 위치된다. 도 3 및 도 4의 상세한 설명이 첨부된 표 3 및 표 4에 상세히 설명되어 있다.
- <74> 본원 발명에 따르는 제 5의 실시예가 도 5와 표 5에 의해 주어진다.
- <75> 도 5의 실시예에서는 오직 제 3 렌즈 시스템에만 비구면이 위치한다.
- <76> 도 5에 따르는 본원 발명의 제 5 실시예에 대한 상세한 설명이 표 5에 나타나 있으며, 상기 표 5에 표기된 숫자들은 도 5의 도면 부호와 일치한다.
- <77> 두 개의 면(533,539)을 가지고 중간상 IMG와 제 2 렌즈 시스템 (SLS)로부터 멀리 떨어져 위치하는 제 3 렌즈 시스템과 비구면이 위치되는 본원 발명의 제 6 실시예가 도 6에 도시되어 있다. 도 6의 실시예에서 제 2 렌즈 시스템의 오목거울(513)은 하나의 비구면을 갖는다.
- <78> 도 6의 상세한 설명은 표 6에 코드-V-포맷으로 주어져 있으며, 상기 표 6에 표기된 숫자들은 도 6의 도면 부호와 일치한다.
- <79> 도 7에 도시된 본원 발명의 제 7 실시예에서 비구면은 도 6의 제 6 실시예에서와 같이 중간상 (IMI)로부터 멀리 떨어진 제 3 렌즈 시스템의 면들(631,637,648)위에 그리고 제 1 렌즈 시스템의 면(603)위에 위치된다. 도 6의 제 6 실시예와 제 7 실시예의 차이는 제 1 렌즈 시스템에 구성된 비구면(603)이 오목 거울이 아닌 레티클의 물체(0)에 인접해 위치한다는 것이다.
- <80> 제 7 실시예의 상세한 설명이 표 7에 주어지며, 표 7에 표기된 숫자는 도 7의 도면부호와 서로 일치한다.
- <81> 본원 발명에 인용된 WO 99/52004에는 적어도 4개의 비구면렌즈를 사용할 때 16개보다 적은 수의 렌즈를 가지고 개구수가 0.65까지로 증가된 대물상을 얻을 수 있는 굴절 광학계가 설명되어 있다.
- <82> 종래 기술로서의 보정 방법을 사용하여 제한되지 않은 영상 영역에서 0.7에서 0.85 이상까지의 개구수를 가지고서 얻어진 증가된 분해능이 상기 발명에서는 개구수가 0.7 NA의 범위 내에서 보다 적은 수의 비구면 렌즈들을 사용하여 얻을 수 있음을 보여준다. 16개의 렌즈들과 렌즈마다 한 개의 비구면을 가지면서 오목거울에서 0.85NA 의 개구수는 종래의 기술이 인용된 WO 99/52002의 실시예 4의 10개의 렌즈 중 8개의 비구면과 한 개의 평면 플레이트를 가지면서 개구수가 0.65 NA를 가지는 것과 비교되어 설명되어 있다.
- <83> 대물 평면과 제 1 렌즈 시스템으로서 이중 광 경로를 가지는 렌즈 그룹 사이에 적어도 하나의 렌즈를 삽입하면 유용하다. 상기 삽입되는 렌즈는 양의 렌즈(positive lens)일 수 있으며, 삽입된 결과로서 대상물의 측부 텔레

센트릭성질(telecentricity)을 최적화 한다. 상기 렌즈의 비구면화는 초승달 모양으로 렌즈를 제작함으로써 이루어지며, 오목면의 비구면화는 특히 바람직한 수단이다. 또한 대물측 표면은 더 작은 곡률 반경을 가지게 된다.

<84> 제 1 렌즈 시스템 (FLS)에 삽입되는 상기 렌즈는 표면 보정을 위해 사용될 수 있으며, 자유로운 형태의 비구면이 될 수 있으므로 렌즈들이 광학계를 이루도록 조립 배치된 후에도 용이하게 삽입할 수 있는 장점이 있다.

<85> 상기 렌즈의 대칭축이 투영 대상 이미지영역의 중심과 광학축 사이에 배열되어 질 때 축상에서 벗어나는 위치에 상기 제 1 렌즈 시스템이 삽입될 수 있도록 한 것은 중요한 발견이다. 상기의 설명된 구성은 종래의 동일축 상스캐닝 시스템에서의 조명보다 더 나은 대칭성을 가지는 조명을 수행할 수 있다. 일반적으로 상기와 같은 렌즈의 설계는 대상물측의 텔레센트릭성(telecentricity)을 매우 좋게 하려는 목적을 가지고 진행되어 왔다. 굴절 광학계 설계를 필요로 하는 벗어난 광축을 가지게 되는 경우에도, 상기 조명 시스템은 조명을 수행함에 있어서 대상물 영역에 대한 대칭적인 회전을 가능하게 함으로써, 굴절광학 시스템의 전체 직경을 현저하게 축소시킬 뿐만 아니라 매우 큰 비용 절약 효과를 얻을 수 있다.

<86> 또한 제 1렌즈 시스템의 영역내에서 광축도 굴절 부분 시스템의 평행한 광학축에 대하여 편이되어서 오목 거울로부터 멀리 떨어지도록 위치될 수 있다. 상기와 같은 배열은 본원 발명의 다양한 바람직한 실시예에서 서로 인접하여 배치되는 두 개의 폴딩미러(folding mirror)위에 비추어 지는 조명 영역을 종래에 비해 더욱 잘 분할할 수 있도록 한다. 상기의 광학축에 대한 편차 길이는 도5, 6, 7의 실시예에서는 2.95mm이고 개구수 NA=0.85를 가지는 도 8에서는 17.5mm이며, 개구수 NA=0.75인 도 9에 따르는 본원 발명의 실시예에서는 12.5mm이다. 도 8 및 도 9에 따르는 본원 발명의 실시예들의 상세한 설명이 표 8 및 표 9에 나타나 있다. 상기 표들에 기재된 숫자는 상기 각각의 도면에 도시된 도면 부호와 일치한다.

<87> 도 10은 본원 발명에 따르는 제 10 실시예를 나타낸다. 도 10에 도시된 본원 발명에 따르는 실시예의 상세한 설명은 표 10에 설명되어 있다. 상기 표 10에 기재된 숫자는 상기 도 10의 도면 부호와 일치한다. 도 10에 도시된 본원 발명에 따르는 실시예는 배율이 -0.2인 5배율 축소 시스템이다. 상기 시스템의 영상측 개구수는 0.80이다. 상기 투사 렌즈 시스템은 17개의 투영 렌즈들과 하나의 오목거울(1012)과 하나의 평판 보호 플레이트(1050/1051)를 포함하여 구성된다. 상기 모든 렌즈들은  $\text{CaF}_2$ 로 제조되었다. 제 3 렌즈 시스템의 8개의 렌즈들은 하나의 비구면을 포함하여 구성되는 반면에, 제 2 렌즈 시스템의 모든 렌즈들과 볼록 거울은 구면이다. 상기 시스템에서 상기 직사각형의 영역은 영상평면 (IMG)에서 22mm에서 7mm의 크기를 가지며, 그 중심은 제 3 렌즈 시스템(TLS)의 광학축 OA3으로부터 4.62mm 벗어나 있다. 상기의 투영 렌즈들은 파장이 157.63nm +/- 0.69pm의 대역폭에서 최적화 된다. 다중색 파면의 색수차는 모드 필드 높이에서 최대 10밀리웨이브(10milliwave)로 나타나며, 단색 파면의 색수차는 최대 4밀리웨이브로 나타난다. 렌즈면 (1006, 1007, 1008, 1009, 1010, 1011)로 구성되는 이중 광경로 렌즈군인 제 2 렌즈 시스템의 광학축 OA2와 제 1 렌즈 시스템의 광학축 OA1사이의 폴딩각(folding angle)은 104°이다. 따라서 이중 광경로 렌즈 군인 제 2 렌즈 시스템의 렌즈들 및 상기 오목 거울(1012)에서의 모든 빛은 제 1 렌즈 시스템의 제 1 렌즈군이 대물 평면(0)로부터 떨어진 거리보다 대물 평면(0)로부터 더 먼 거리를 진행한다.

<88> 도 11은 폴딩 거울 M1'과 M2'의 다른 배치를 가지는 본원 발명의 또 다른 일 실시예를 나타내는 도면으로 공통적인 리지(ridge)가 없다. 도 11의 경우에는 양의 강한 축 편이가 필요하게 된다. 대상물과 투영 영상 사이의 길이는 상기와 같은 방법으로 축소되며, 폴딩거울에서 빛의 통과 중에 새로운 절충 가능성을 제공할 수도 있다.

<89> 상기 또 다른 실시예에서의 폴딩 거울들은 일반적인 프리즘 기판을 사용하여 손쉽게 달성될 수 있다.

<90> 또한, 상기 폴딩 거울들은 빛이 통과되는 프리즘의 내부면 일 수도 있다. 프리즘 재료, 예를 들면 칼슘플로라이드(calcium fluoride), 다른 결정, 석영유리, 또는 다른 광학 유리 재료들과 같은 고 굴절률을 가지는 재료들을 사용함으로 높은 개구수를 가지는 빔의 더욱 밀집된 전송을 가능하게 한다.

<91> 유익하게 상기 거울들은 반사 강화 박막으로 코팅될 수 있으며, 이렇게 함으로써 막(thick film) 두께에 의하여 서로 다른 각도의 반사가 원인이 되어 발생되는 위상 편이의 변화를 더욱 잘 보정할 수 있다.

<92> 또한 상기 폴딩 거울은 작은 비구면율을 가지는 비 회전 대칭체의 형태로 제작될 수 있으며, 상기의 자유로운 형태는 상기의 위상 효과를 보정할 수 있을 뿐만 아니라, 영상이미지의 미세한 에러 또는 생산 공정에서의 공차를 보정할 수 있다.

<93> 상기 본원 발명의 바람직한 일 실시예의 구성은, 상술한 이중 광 경로를 가지는 제 2 렌즈 시스템과 오목거울이

열려진(unfolded) 광학축을 따라 배열되고 두 개의 폴딩 거울은 서브시스템의 광축과 제1 렌즈 군과 굴절 부분 대물 렌즈의 광축과 교차하는 영역 내에 있다는 점에서 인용기술과는 차이를 보인다. 상기 이중 광경로를 구성하는 제 2 렌즈 시스템과 다른 축들 사이의 폴딩 각(folding angle)은  $90^{\circ}$  이다. 이러한 구조는 렌즈와 거울에서의 모든 광속은 제 1 렌즈 시스템의 제 1 렌즈면이 대물평면으로부터 떨어진 거리보다 대물평면으로부터 더욱 멀리 떨어져 있게 한다. 결과적으로, 스캐닝을 위한 대물 평면으로의 필요한 자유로운 접근은 광학소자가 장착 되기 위해 필요로 하는 영역과 간섭되지 않는다.

- <94> 본원 발명의 또 다른 특징은 최소의 렌즈 수를 갖는 이중 통과 렌즈 군의 설계에 있다. 상기의 구조에서 추가적인 렌즈에 의해 얻어진 상의 보정을 위한 각각의 자유도는 렌즈 재질에서의 바람직하지 못한 흡수 및 렌즈 표면에서의 반사 손실을 두 배로 가져온다. 이러한 이유 때문에 상기 실시예에서는 오목 거울 효과를 위해, 폴딩거울에서 광속을 분할하기 위해, 그리고 이중 통과 군에 의한 축부암의 길이를 상대적으로 짧게 유지하기 위해서 필요한 렌즈들만이 제공된다.
- <95> 상기 본원 발명의 실시예에서 상기 중간상 (IMI)는 이중 광경로를 구성하는 제 2 렌즈 시스템의 다음에 위치하는 폴딩 거울의 바로 다음의 위치에 위치한다. 상기 폴딩 거울과 상기 중간상 사이의 영역이 좁혀질 지라도, 한 개 이상의 다른 렌즈가 이 영역에 위치될 수 있다.
- <96> 중간상 다음 또는 인접 영역에 배치되는 렌즈들은 축으로부터 크게 편이되어 위치하는 광속으로부터 빛을 받게 된다. 이로 인해 렌즈에 빛의 흡수에 의한 열이 발생하고 이 열에 의하여 렌즈의 대칭성을 상실하는 강한 비 대칭성 교란 효과가 있다. 따라서 상기 영역에 위치되는 렌즈들의 수는 작아야 하며, 렌즈가 열에 의한 모양 변화가 작도록 열에 의한 영향을 적게 받는 소정 형상 및 두께를 가져야 한다.
- <97> 중간 상 다음에 위치하는 렌즈의 비구면화는 EP 0 869 383에 제시되어 있다. 그러나, 상기 비대칭성 효과라고 불리워지는 효과 외에, 상기 특허에는 다른 바람직하지 않은 문제점을 가진다. 그것은 중간상이 대물렌즈에서 효과적으로 보정 기능을 수행하지 못하고 이러한 결과는 이른바 영역의 특정 영상 에러 분리가 수행되지 못하는 결과를 낳는다.
- <98> 또한 E. Heynacher, Zeiss-inform. 24, 19-15(1978/79) Heft 88에 나타난 바와 같이 복잡한 광학 시스템에서 비구면에 의해 상의 에러 보정을 다루는 것은 부적합하며, 전체적으로 영상 에러 수정에 영향을 미치게 된다. 결과적으로 관련된 영상 에러에 서로 다른 상대적인 영향을 주는 비구면을 배치하는 것이 바람직하다.
- <99> 특히, 대물 축에 구성된 제 1 렌즈의 비구면화의 효과가 중간상에 매우 인접하여 구성되는 렌즈가 영향을 미치는 것보다 왜곡에 더 강한 효과를 가져온다는 것이다.
- <100> EP 0 869 383은 비구면에 대한 또 다른 조건을 제시한다. 상기 조건은  $0.85 < h/\phi < 1.2$  이다. 이러한 조건은 상기 도 9와 표 9에 도시된 본원 발명의 실시예에 나타낸 바와 같이, 관련성이 적다. 상기 예에서 파라미터들은 비구면  $803 = 0.09$ ,  $811 = 1.22$ ,  $813 = 1.23$ ,  $834 = 0.84$ ,  $844 = 0.70$ ,  $849 = 0.14$ 이다. 결과적으로, 만일 하나 이상의 비구면의 파라미터  $h/\phi$  가 1.2보다 크다면, 상기와 같은 종류에 있어서 높은 개구수를 가지는 대물렌즈에 대한 보정을 수행하는 것이 용이하다.
- <101> 또한 상기의 좁은 공기층에 의해 분리되도록 비구면이 서로 대향하여 위치시키는 새로운 개념의 방법이 비구면 오목 거울(813)과 부(negative)의 오목볼록렌즈(meniscus)에 이웃하는 대향면(811)에 적용되어 있다. 상기와 같은 구조는 보정되어야 할 에러마다 하나씩의 비구면을 구비하는 것과 대치되는 개념이며, 또한 기타 광학개념에서 대물렌즈에서의 더욱 정확한 보정을 수행할 수 있도록 한다.
- <102> 굴절 부분 대물 렌즈에서 긴 드리프트 영역(drift space)이 중간상과 개구 스톱부 사이에 위치한다. 반면에 개구 스톱부(STO)와 영상평면(IMG) 사이의 영역에는 다수의 렌즈들이 촘촘하게 구성되어 있다. 개구 스톱에 대향하는 하나의 오목 볼록 렌즈(meniscus)의 오목부는 이웃하는 렌즈에 의해 구성되는 양의 공기 렌즈를 형성하며, 상술한 발명에 소개된 전형적인 보정 구성요소이다. 도 9에 도시된 상기의 오목면(도9의 844) 또한 비구면이 위치하기에 매우 적합하다. 개구 스톱부(STO)와 영상 평면 (IMG) 사이의 영역내에 구성되는 상기와 같은 바람직한 비구면은 상기 개구 스톱부(STO)의 서로 다른면 상에서 대략 대칭적으로 배열되는 도 9에 도시된 하나의 비구면 (834)에 의한 쌍을 이룬다.
- <103> 높은 개구수를 가지는 본원 발명이 적용된 영상축에 가장 가까운 렌즈는 유리하게 비구면이다. 즉, 영상축에서도 9의 비구면(849)과 도 8의 비구면(749)가 비구면화 되어 있다. 상기의 조건에서 최대 입사각으로 빛이 입사되어지며, 비구면으로서의 영향이 크게 작용하게 된다.

- <104> 반도체 산업의 급성장은 기대 이상으로 광학 리소그래피 산업을 팽창시키고 있다. 157nm 파장조사를 포함하여, 현재 광학적 리소그래피에 의한 공정은 상업적 조건하에서 70nm 노드(node)의 분해능에서 제조가 수행될 수 있다고 믿어진다. 50nm의 노드의 경우는 고개구수(>0.8)을 가지는 적어도 157nm 빛을 필요로 한다. 파장을 126nm( $\text{Ar}_2$ -레이저)까지 줄이기 위해서는 광학거울과 소수의 투과 굴절렌즈들, 바람직하게는 LiF 렌즈가 개구수를 0.7 이상까지 얻을 수 있는 데 도움이 된다. 반도체 산업상(roadmap)을 노출 장비의 산업상으로 변환하는 것은, 새로운 파장을 필요로 할뿐만 아니라, 매우 높은 개구수 NA를 제공할 수 있어야 한다. 충분한 공정범위를 보장하기 위해서는, 고 분해능을 이용한 방법이 대량 제조 공정에서 이용되어 질 것이다. 다음으로 진보된 마스크 기술, 정확한 조명 시스템이 사용되어 질 것이다.
- <105> 상술한 조명으로서 선형으로 편광된 빛이며, 영상측 개구 스텝 면에서 1/4 파장판으로 원편광되는 것이 바람직하다. 방사상으로 편광된 빛을 사용하는 또 다른 선택적인 방법이 DE 195 35 392 A(US ser. No. 08/717902)에 설명되어 있다.
- <106> 상기와 같은 높은 개구수의 대물렌즈는 도 8 및 표 8에 따르는 본원 발명의 바람직한 일 실시예에 잘 나타나 있다. 상기 도 8 및 표 8은 5배의 축소 배율에서 개구수  $NA=0.85$ 를 가지며,  $\pm 0.6 \text{ pm}$ 의 레이저 대역폭을 가지는 157.1nm의 엑시머 레이저 라인으로 구성되는 22mm x 7mm의 슬릿형 스캐닝 영상필드를 제공하고, 또한 상기 도 8에 도시된 모든 렌즈들은 칼슘플로라이드 결정으로 제조되어 있다. 일반적으로, 상기와 같은 고 효율의 보정에 대한 요구 조건은 개구수  $NA=0.65$ 를 가지는 WO 99/52004에서 나타난 15개의 렌즈 한계는 초과되지만, 하나의 추가적인 렌즈와 9개의 비구면을 가지고서 본원 발명은 상기의 제한을 극복했다. 다색 파면 색수차는 모든 필드 높이에서 최대 20 밀리 웨이브를 보여주고 있고, 이것은 상기 조건에서는 매우 좋은 영상을 제공한다.
- <107> 도 9 및 표 9에 따르는 본원 발명의 바람직한 실시예는 영상 측에서 높은 개구수  $NA=0.75$ 를 가지고 57.1nm  $\pm 0.6\text{pm}$ 에서 22mm x 7 mm의 영상 필드에서 5배율의 축소영상을 제공할 수 있음을 보여준다. 상기 도 9의 실시예의 16 개의 렌즈와 1개의 오목거울은 오직 상술한 5개의 비구면을 사용하여 최대로 21 밀리웨이브의 최대 알엠에스(rms)의 파면 에러에서 상술한 결과를 얻을 수 있다.
- <108> 레터클 또는 웨이퍼에서 가스 정화(gas-purging)이 바람직하다면, 상기 대물렌즈의 대물측 뿐만 아니라 영상측은 WO 99/52004에 제시된 평판 보호 플레이트를 삽입하거나 평면에 대한 제한하에 설계의 변화에 의해서 평면으로 구성될 수 있다.

&lt;109&gt;

첨부 : 도1-10에 도시된 대물렌즈의 코드-V-표

table 1: wavelength = 193.31 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

```

> OBJ:      INFINITY      0.000000
 1:      INFINITY      35.000000
 2:      534.41573     16.000000
 3:     -2605.52657     82.000000
 4:      INFINITY     423.377560
 5:      INFINITY      0.000000
 6:      524.08780     50.000000
 7:     -903.64667     44.861212
 8:     -263.10576     15.000000
 9:    -1376.18978     33.775444

ASP:
 K : 0.000000
 IC : YES      CUF: 0.000000
 A : 0.983295E-10 B : 0.156925E-14 C : 0.660351E-20 D : 0.000000E+00

10:     -209.43665     15.000000
11:     -400.74819     12.442047
12:      INFINITY      0.000010      REFL
13:     278.05481     12.442047      REFL
14:     400.74819     15.000000
15:     209.43665     33.775444
16:    1376.18978     15.000000
      'SIO2HL'

ASP:
 K : 0.000000
 IC : YES      CUF: 0.000000
 A : -.983295E-10 B : -.156925E-14 C : -.660351E-20 D : 0.000000E+00

17:     263.10576     44.861212
18:     -903.64667     50.000000
19:     -524.08780     449.719482
20:      INFINITY      0.000000
21:      INFINITY     63.778860
22:     367.04203     39.381898
23:     -813.93537     12.355245
24:     862.20789     26.902539
25:    -2189.11598     19.271290
26:     -280.32916     23.514083
27:     551.01352      7.025237
28:    1073.23821     46.193223
      'SIO2HL'

```

&lt;110&gt;

**table 1: wavelength = 193.31 nm**

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
29:	-393.66672	1.000000	
30:	942.86330	31.837703	'SIO2HL'
31:	-734.28385	17.595477	
32:	471.84849	34.925052	'SIO2HL'
33:	223.32640	54.276947	
34:	-238.14826	16.480387	'SIO2HL'
35:	-432.42551	1.000000	
36:	846.35305	38.186692	'SIO2HL'
37:	-382.59164	135.289717	
38:	431.86893	43.207971	'SIO2HL'
39:	14250.66524	1.000000	
40:	290.44991	15.459700	'SIO2HL'
41:	183.43506	56.245505	
42:	-238.71906	28.322086	'SIO2HL'
43:	-689.33370	114.792439	
44:	-429.48801	28.350285	'SIO2HL'
45:	-258.98856	1.000000	
46:	398.85931	39.841410	'SIO2HL'
47:	230.04262	11.000000	
48:	324.81640	49.875208	'SIO2HL'
49:	-854.01841	1.000000	
50:	221.87147	18.942210	'SIO2HL'
51:	167.65528	16.891234	
52:	253.72485	28.225022	'SIO2HL'
53:	7134.26986	0.790361	
S TO:	INFINITY	5.370968	
55:	156.41574	37.458696	'SIO2HL'
56:	425.02539	13.790057	
57:	2532.66232	21.354413	'SIO2HL'
58:	-487.11572	0.100000	
59:	-754.17801	35.849436	'SIO2HL'
60:	117.83998	10.996190	
61:	174.62750	35.656142	'SIO2HL'
62:	-1054.34644	0.100000	
63:	110.05260	64.820400	'CAF2HL'
64:	4815.31686	0.100000	
65:	241.11586	26.846900	'CAF2HL'
66:	-465.81838	14.164338	
IMG:	INFINITY	-0.000247	

&lt;111&gt;

table 2: wavelength = 193,31 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

> OBJ:	INFINITY	0.000000	
101:	INFINITY	35.000000	
102:	443.12451	16.000000	
103:	-18962.23411	82.000000	'SIO2HL'
104:	INFINITY	408.713716	
105:	INFINITY	0.000000	
106:	513.10831	35.000000	
107:	-789.19840	7.958704	
108:	-431.08447	15.000000	
109:	2470.39244	39.539157	
110:	-305.22015	15.000000	
111:	-2422.57208	38.046226	
112:	-202.24219	15.000000	
113:	-372.89974	12.390873	
114:	INFINITY	0.000010	REFL
115:	277.58610	12.390873	REFL
116:	372.89974	15.000000	
117:	202.24219	38.046226	
118:	2422.57208	15.000000	
119:	305.22015	39.539157	
120:	-2470.39244	15.000000	
121:	431.08447	7.958704	
122:	789.19840	35.000000	
123:	-513.10831	444.481741	
124:	INFINITY	0.000000	
125:	INFINITY	63.778860	
126:	390.52726	31.324696	
127:	-683.31437	6.752019	
128:	1069.12804	24.466364	
129:	-1717.09522	19.648878	

table 2: wavelength = 193.31 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
A30:	-271.40065	24.662421	'SIO2HL'
A31:	585.28487	4.258045	
A32:	1037.54513	47.522078	'SIO2HL'
A33:	-299.20504	1.000000	
A34:	1517.35976	14.493847	'SIO2HL'
A35:	-1667.38733	29.793625	
A36:	374.98529	38.496191	'SIO2HL'
A37:	215.15028	58.056542	
A38:	-244.39173	20.364718	'SIO2HL'
A39:	-481.59968	1.000000	
A40:	685.96658	50.000000	'SIO2HL'
A41:	-466.91597	124.805511	
A42:	337.88037	26.730825	'SIO2HL'
A43:	60685.02516	1.000000	
A44:	307.00084	25.717686	'SIO2HL'
A45:	173.62675	54.501370	
A46:	-283.94563	28.052025	'SIO2HL'
A47:	-1327.60130	127.853517	
A48:	-457.68711	32.289214	'SIO2HL'
A49:	-280.72637	1.000000	
A50:	350.95083	33.551443	'SIO2HL'
A51:	233.87449	11.000000	
A52:	316.35603	44.382117	'SIO2HL'
A53:	-1117.42550	1.000000	
A54:	218.72076	22.816384	'SIO2HL'
A55:	170.60059	13.066780	
A56:	248.49595	27.215517	'SIO2HL'
A57:	2867.70932	-0.636677	
STO:	INFINITY	5.190673	
A59:	159.10817	37.337945	'SIO2HL'
A60:	450.28461	13.813926	
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.284543E-09	B : -121419E-12	C : -.294548E-17	D : -.112803E-21
E : 0.107208E-26	F : 0.606134E-30	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
A61:	4993.99819	56.358019	'SIO2HL'
A62:	125.35419	8.227596	
A63:	178.76516	35.546249	'SIO2HL'
A64:	-544.56516	0.100000	
A65:	111.13737	65.000000	'CAF2HL'
A66:	633.24492	0.100000	
A67:	218.73155	30.206802	'CAF2HL'
A68:	-335.35055	12.082469	
IMG:	INFINITY	-0.000503	

&lt;113&gt;

table 3: wavelength = 193.31 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

```

> OBJ:      INFINITY      0.000000
Z01:      INFINITY      35.000000
Z02:      412.00283     21.000000
Z03:      13807.40229    82.000000
Z04:      INFINITY      473.169978
Z05:      INFINITY      0.000000
Z06:      -253.51555    16.000000
Z07:      -544.16517    27.805541
Z08:      -205.78974    16.000000
Z09:      -424.01744    13.131367
Z10:      INFINITY      0.000010      REFL
Z11:      282.11038    13.131367      REFL

ASP:
K : 0.000000
IC : YES      CUF: 0.000000
A : 0.102286E-09  B : 0.163583E-14  C : 0.222395E-19  D : -0.127469E-23
E : 0.130171E-27  F : -0.388631E-32  G : 0.000000E+00  H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00

Z12:      424.01744    16.000000
Z13:      205.78974    27.805541
Z14:      544.16517    16.000000
Z15:      253.51555    530.616842
Z16:      INFINITY      0.000000
Z17:      INFINITY      63.778860
Z18:      636.23394    27.336162
Z19:      -774.44237    0.100000

```

**table 3: wavelength = 193,31 nm**

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
Z20:	638.45165	27.867198	'SIO2HL'
Z21:	-950.10950	26.668510	
Z22:	-332.85587	38.386102	'SIO2HL'
Z23:	866.08021	18.442845	
Z24:	-1525.57443	47.039609	'SIO2HL'
Z25:	-390.53318	1.000000	
Z26:	1733.78965	28.403565	'SIO2HL'
Z27:	-524.35781	0.100000	
Z28:	835.74339	16.000000	'SIO2HL'
Z29:	298.64601	57.500000	
Z30:	-259.59279	16.000000	'SIO2HL'
Z31:	-411.70682	1.000000	
Z32:	1128.90538	36.253267	'SIO2HL'
Z33:	-477.96774	253.556594	
Z34:	435.03169	32.866003	'SIO2HL'
Z35:	-2559.42430	1.000000	
Z36:	275.15076	16.000000	'SIO2HL'
Z37:	187.82645	66.000000	
Z38:	-296.62496	44.201058	'SIO2HL'
Z39:	-690.62720	135.986515	
Z40:	4019.70777	21.709054	'SIO2HL'
Z41:	-800.90710	1.000000	
Z42:	853.98857	50.000000	'SIO2NL'
Z43:	254.20904	12.399910	
Z44:	408.20829	38.016254	'SIO2HL'
Z45:	-643.03332	1.000000	
Z46:	228.71372	16.000000	'SIO2HL'
Z47:	175.28033	14.986197	
Z48:	269.82502	31.500000	'SIO2HL'
Z49:	20733.22818	-7.061102	
STO:	INFINITY	8.061102	
Z51:	160.50399	37.926522	'SIO2HL'
Z52:	457.13661	12.706908	
Z53:	1597.64988	23.273549	'SIO2HL'
Z54:	-728.49646	0.100000	
Z55:	-2709.38689	37.761809	'SIO2HL'
Z56:	120.00817	10.277526	
Z57:	171.38842	38.220630	'SIO2HL'
Z58:	-2029.55473	0.100000	
Z59:	116.83775	64.846281	'CAF2HL'
Z60:	1815.17026	0.100000	
Z61:	212.15910	28.928425	'CAF2HL'
Z62:	-501.97805	15.000534	
IMG:	INFINITY	-0.000523	

&lt;115&gt;

table 4: wavelength = 193.31 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

> OBJ:	INFINITY	0.000000	
301:	INFINITY	35.000000	
302:	434.57513	22.000000	'SIO2HL'
303:	36267.41000	82.000000	
304:	INFINITY	477.044163	
305:	INFINITY	0.000000	
306:	-254.30195	16.000000	'SIO2HL'
307:	-532.25303	29.144125	
308:	-204.79768	16.000000	'SIO2HL'
309:	-421.29373	13.323325	
310:	INFINITY	0.000010	REFL
311:	285.25831	13.323325	REFL
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A :0.116419E-09	B :0.112957E-14	C :-.937828E-20	D :-.466752E-24
E :0.506427E-28	F :-.185566E-32	G :0.000000E+00	H :0.000000E+00
J :0.000000E+00			
312:	421.29373	16.000000	'SIO2HL'
313:	204.79768	29.144125	
314:	532.25303	16.000000	'SIO2HL'
315:	254.30195	537.666508	
316:	INFINITY	0.000000	
317:	INFINITY	63.778860	
318:	801.47063	30.675310	'SIO2HL'
319:	-741.91592	0.100000	
320:	852.20028	21.124661	'SIO2HL'
321:	-1040.41670	31.707289	
322:	-270.54645	26.187590	'SIO2HL'
323:	600.48250	18.319696	

table 4: wavelength = 193.31 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

324:	774.95053	41.436216	'SIO2HL'
325:	-355.71105	1.000000	
326:	1591.83158	29.490290	'SIO2HL'
327:	-556.23481	53.458289	
328:	854.87463	16.000000	'SIO2HL'
329:	282.30181	54.422763	
330:	-261.43332	24.488537	'SIO2HL'
331:	-411.65692	1.000000	
332:	1107.48205	37.032421	'SIO2HL'
333:	-513.59706	246.562850	
334:	423.57328	28.982815	'SIO2HL'
335:	76613.31446	1.000000	
336:	237.50869	16.000000	'SIO2HL'
337:	171.60021	63.162192	
338:	-285.36403	50.000000	'SIO2HL'
339:	-902.91449	95.050310	
340:	-733.54713	21.388284	'SIO2HL'
341:	-375.20521	1.000000	
342:	436.34842	50.000000	'SIO2HL'
343:	264.04939	12.000000	
344:	395.02148	37.208539	'SIO2HL'
345:	-792.61152	1.000000	
346:	215.61815	20.499145	'SIO2HL'
347:	165.98868	14.685149	
348:	248.36356	31.000000	'SIO2HL'
349:	3136.09812	-8.174425	
STO:	INFINITY	9.174425	
351:	149.01853	41.331450	'SIO2HL'
352:	363.61783	14.435195	
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A :	0.106229E-08	B : -233769E-12	C : -1.28409E-17 D : -.720355E-21
E :	0.577731E-25	F : -147820E-29	G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J :	0.Q000000E+00		
353:	881.72413	29.308297	'SIO2HL'
354:	121.03439	14.172084	
355:	207.65180	41.413236	'SIO2HL'
356:	-639.91052	0.100000	
357:	123.89834	65.000000	'CAF2HL'
358:	609.59778	0.100000	
359:	186.60911	35.732940	'CAF2HL'
360:	-313.58998	15.000087	
IMG:	INFINITY	-0.000089	

CODE V&gt; in wav

CODE V&gt; wav

table 5: wavelength = 157.13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
> OBJ:	INFINITY	0.000000	
401:	INFINITY	34.000000	
402:	326.89134	18.000000	'CAF2HL'
403:	7134.75200	91.000000	
404:	INFINITY	438.917225	
405:	INFINITY	0.000000	
406:	386.39605	22.000000	'CAF2HL'
407:	3173.10800	23.000000	
408:	-263.73446	13.000000	'CAF2HL'
409:	1274.99700	36.757293	
410:	-173.05552	14.000000	'CAF2HL'
411:	-398.57456	12.325630	
412:	INFINITY	0.000010	REFL
413:	246.26462	12.325630	REFL
414:	398.57456	14.000000	'CAF2HL'
415:	173.05552	36.757293	
416:	-1274.99700	13.000000	'CAF2HL'
417:	263.73446	23.000000	
418:	-3173.10800	22.000000	'CAF2HL'
419:	-386.39605	0.000000	
420:	INFINITY	435.917225	
421:	INFINITY	78.197752	
422:	INFINITY	60.000000	
423:	INFINITY	-0.037541	
424:	305.29233	35.000000	'CAF2HL'
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : - .983943E-08	B : 0.197982E-13	C : 0.331141E-17	D : - .546921E-21
E : 0.476298E-25	F : - .165982E-29	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
425:	-609.90977	175.000000	
426:	-211.27437	20.000000	'CAF2HL'
427:	-296.93430	1.000000	
428:	918.04784	32.000000	'CAF2HL'
429:	-450.01625	10.220682	
430:	211.00994	35.000041	'CAF2HL'
431:	147.86638	291.880529	

table 5: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.102239E-07	B : 0.375361E-12	C : 0.202452E-16	D : -0.158059E-22
E : 0.105932E-24	F : -0.746588E-30	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
432:	302.52916	14.999813	'CAF2HL'
433:	182.15262	32.488787	
434:	325.54311	32.000000	'CAF2HL'
435:	-472.69366	3.402424	
436:	132.72874	19.621815	'CAF2HL'
437:	197.27963	19.825000	
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.132547E-07	B : 0.196227E-12	C : 0.495156E-17	D : 0.179425E-21
E : 0.681679E-25	F : 0.439118E-29	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
STO:	INFINITY	30.976200	
439:	1247.88900	21.000000	'CAF2HL'
440:	-441.06952	1.000000	
441:	106.43847	30.279452	'CAF2HL'
442:	390.31325	17.376730	
443:	-262.38753	10.000000	'CAF2HL'
444:	8245.04000	1.000000	
445:	105.22412	35.374148	'CAF2HL'
446:	380.86930	1.000000	
447:	131.60165	36.324916	'CAF2HL'
448:	-9747.89700	12.069889	
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.179402E-06	B : -0.398734E-10	C : -0.217607E-13	D : 0.684630E-16
E : -0.703555E-19	F : 0.266200E-22	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
IMG:	INFINITY	-0.000356	

table 6: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

```

> OBJ:      INFINITY      0.000000
S01:      INFINITY      34.000000
S02:      340.25194     18.000000      'CAF2HL'
S03:      -23456.66512    91.000000
S04:      INFINITY      427.039664
S05:      INFINITY      0.000000
S06:      339.11803     22.000000      'CAF2HL'
S07:      677.92271     23.000000
S08:      -270.98695     13.000000      'CAF2HL'
S09:      -16554.24766    44.216394
S10:      -179.26036     14.000000      'CAF2HL'
S11:      -499.04921     16.743922
S12:      INFINITY      0.000010      REFL
S13:      244.48659     16.743922      REFL

ASP:
K : 0.000000
IC : YES      CUF: 0.000000
A :-.837113E-10  B :-.251110E-13  C :-.130822E-17  D :-.680466E-22
E :-.129779E-26  F :-.646050E-31  G :0.000000E+00  H :0.000000E+00
J :0.000000E+00

S14:      499.04921     14.000000      'CAF2HL'
S15:      179.26036     44.216394
S16:      16554.24766    13.000000      'CAF2HL'
S17:      270.98695     23.000000
S18:      -677.92271    22.000000      'CAF2HL'
S19:      -339.11803    0.000000
S20:      INFINITY      424.039664
S21:      INFINITY      48.414185
S22:      INFINITY      60.000000
S23:      INFINITY      0.000000
S24:      709.73646     35.000000      'CAF2HL'
S25:      -405.70150     1.000000
S26:      232.80755     20.000000      'CAF2HL'
S27:      383.54136     54.440692
S28:      -399.49382     20.000000      'CAF2HL'
S29:      -455.76820     1.000000
S30:      -581.98648     32.000000      'CAF2HL'
S31:      -449.85046     13.936275

```

table 6: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort		
S32:	834.67326	35.000041	'CAF2HL'		
S33:	504.57916	338.825443			
ASP:					
K :	0.000000				
IC :	YES	CUF: 0.000000			
A : 0.201937E-07	B : 0.255796E-12	C : -1.23108E-17	D : 0.115629E-20		
E : -1.10440E-24	F : 0.456621E-29	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00		
J : 0.000000E+00					
S34:	295.96006	14.999813	'CAF2HL'		
S35:	178.17958	32.488787			
S36:	304.23731	32.000000	'CAF2HL'		
S37:	-637.25902	81.513603		100	100
STO:	INFINITY	-10.161100		100	100
S38:	160.25766	19.621815	'CAF2HL'	100	100
S39:	250.37700	43.823508		100	100
ASP:					
K : 0.000000	KC : 100				
IC : YES	CUF: 0.000000	CCF: 100			
A : 0.192340E-07	B : -348224E-12	C : -223569E-16	D : -380011E-21		
AC : 100	BC : 100	CC : 100	DC : 100		
E : 0.523462E-25	F : 0.264881E-29	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00		
EC : 100	FC : 100	GC : 100	HC : 100		
J : 0.000000E+00					
JC : 100					
S41:	369.18529	21.000000	'CAF2HL'	100	100
S42:	-739.90155	1.000000			
S43:	137.71809	39.719231	'CAF2HL'		
S44:	762.01416	15.339626			
S45:	-233.76287	10.000000	'CAF2HL'		
S46:	-1034.38004	1.000000			
S47:	151.43369	35.374148	'CAF2HL'		
S48:	-21273.43749	3.512053			
S49:	127.02508	44.121911	'CAF2HL'		
S50:	-4741.44116	12.070337			
ASP:					
K : 0.000000					
IC : YES	CUF: 0.000000				
A : 0.948304E-07	B : -322641E-10	C : -281077E-13	D : 0.844010E-16		
E : -778064E-19	F : 0.277302E-22	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00		
J : 0.000000E+00					
IMG:	INFINITY	-0.000337			

table 7: wavelength = 157.13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
> OBJ:	INFINITY	0.000000	
601:	INFINITY	34.000000	
602:	301.23036	18.000000	'CAF2HL'
603:	9024.85717	91.000000	
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A :-.779174E-08	B :0.228326E-12	C :0.662071E-17	D :-.278267E-20
E :0.321230E-24	F :-.133467E-28	G :0.000000E+00	H :0.000000E+00
J :0.000000E+00			
604:	INFINITY	372.485723	
605:	INFINITY	0.000000	
606:	329.24390	22.000000	'CAF2HL'
607:	710.76999	19.293465	
608:	-293.87906	13.000000	'CAF2HL'
609:	-968.05522	32.145450	
610:	-127.26575	14.000000	'CAF2HL'
611:	-404.63828	12.941473	
612:	INFINITY	0.000010	REFL
613:	219.31121	12.941473	REFL
614:	404.63828	14.000000	'CAF2HL'
615:	127.26575	32.145450	
616:	968.05522	13.000000	'CAF2HL'
617:	293.87906	19.293465	
618:	-710.76999	22.000000	'CAF2HL'
619:	-329.24390	0.000000	
620:	INFINITY	369.485723	
621:	INFINITY	95.013130	
622:	INFINITY	60.000000	
623:	INFINITY	-0.037541	
624:	1056.88268	35.000000	'CAF2HL'
625:	-406.34822	175.000000	
626:	-271.71671	20.000000	'CAF2HL'
627:	-344.24640	1.000000	
628:	766.12486	32.000000	'CAF2HL'
629:	-1402.78472	10.220682	
630:	385.79357	35.000041	'CAF2HL'
631:	559.31200	341.919072	

table 7: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

ASP:  
K : 0.000000  
IC : YES CUF: 0.000000  
A : 0.430988E-08 B : 0.579328E-14 C : 0.860442E-18 D : -0.644328E-22  
E : 0.362692E-26 F : -0.705924E-31 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00  
J : 0.000000E+00

632: 232.53878 14.999813 'CAF2HL'  
633: 151.97593 32.488787  
634: 240.71208 32.000000 'CAF2HL'  
635: 2495.46807 115.579649  
STO: INFINITY -10.161100  
636: 153.92754 19.621815 'CAF2HL'  
637: 131.56320 5.507542  
100 100  
100 100  
100 100  
100 100

ASP:  
K : 0.000000 KC : 100  
IC : YES CUF: 0.000000 CCF: 100  
A : 0.298130E-07 B : 0.555237E-12 C : 0.829224E-17 D : 0.102908E-20  
AC : 100 BC : 100 CC : 100 DC : 100  
E : -0.519344E-24 F : 0.690328E-28 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00  
EC : 100 FC : 100 GC : 100 HC : 100  
J : 0.000000E+00  
JC : 100

639: 132.44534 30.378652 'CAF2HL' 100 100

640: 1119.94416 20.794473  
641: 120.32786 33.748154  
642: -709.67342 11.965434 'CAF2HL'  
643: -214.74768 7.500000  
644: 3292.43700 1.000000 'CAF2HL'  
645: 108.37386 35.374148 'CAF2HL'  
646: 453.20106 1.000000 'CAF2HL'  
647: 118.78841 36.324916 'CAF2HL'  
648: -564.84518 12.070427

ASP:  
K : 0.000000  
IC : YES CUF: 0.000000  
A : 0.192521E-06 B : -0.249999E-10 C : -0.634108E-13 D : 0.147998E-15  
E : -0.127297E-18 F : 0.406332E-22 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00  
J : 0.000000E+00

IMG: INFINITY -0.000427

table 8: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

	Radius	Thickness RMD	Glass sort	CCY	THC	GLC
> OBJ:	INFINITY	0.000000		100	100	
701:	INFINITY	34.000000		100	100	
702:	276.26597	35.000000	'CAF2HL'	0	100	
703:	1.021.75438	95.000000		0	100	
ASP:						
K :	0.000000	KC : 100				
JC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100			
A :	-1.48017E-07	B : 0.447070E-12	C : 0.503629E-18	D : -2.32159E-20		
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0		
E :	0.232819E-24	F : -7.64889E-29	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00		
EC :	0	FC : 0	GC : 100	HC : 100		
J :	0.000000E+00					
JC :	100					
704:	INFINITY	423.855836		100	0	
705:	INFINITY	0.000000		100	100	
706:	372.37592	22.000000	'CAF2HL'	0	100	
707:	668.85257	37.501319		0	0	
708:	-230.27740	13.000000	'CAF2HL'	0	100	
709:	-2918.43592	38.093680		0	0	
710:	-184.07315	14.000000	'CAF2HL'	0	100	
711:	-413.16131	19.545452		0	0	
712:	INFINITY	0.000010 REFL		100	100	
713:	248.15084	19.545452 REFL		0	PIK	
714:	413.16131	14.000000	'CAF2HL'	PIK	PIK	
715:	184.07315	38.093680		PIK	PIK	
716:	2918.43592	13.000000	'CAF2HL'	PIK	PIK	
717:	230.27740	37.501319		PIK	PIK	
718:	-668.85257	22.000000	'CAF2HL'	PIK	PIK	
719:	-372.37592	0.000000		PIK	PIK	
720:	INFINITY	405.855836		100	PIK	
721:	INFINITY	27.000000		100	100	
722:	INFINITY	10.680479		100	HMY	
723:	INFINITY	60.000000		100	100	
724:	INFINITY	0.000000		100	100	
725:	434.25844	35.000000	'CAF2HL'	0	100	
726:	-397.82211	175.000000		0	100	

table 8: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

+27:	-156.64549	20.000000	'CAF2HL'	0 100
ASP:				
K :	0.000000	KC : 100		
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A :	0.114541E-07	B : 0.514029E-12	C : -0.658251E-17	D : 0.191605E-20
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
E :	0.683757E-25	F : 0.000000E+00	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
EC :	0	FC : 100	GC : 100	HC : 100
J :	0.000000E+00			
JC :	100			
+28:	-245.97649	1.000000		
+29:	461.23130	40.000000	'CAF2HL'	0 100
ASP:				
K :	0.000000	KC : 100		
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A :	-0.101414E-07	B : 0.110548E-12	C : 0.186983E-16	D : -0.170111E-20
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
E :	0.216455E-25	F : 0.000000E+00	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
EC :	0	FC : 100	GC : 100	HC : 100
J :	0.000000E+00			
JC :	100			
+30:	4028.48297	10.220682		
+31:	421.79876	35.000041	'CAF2HL'	0 100
+32:	1133.21969	323.036498		0 100
ASP:				
K :	0.000000	KC : 100		
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A :	0.673083E-08	B : 0.150516E-12	C : 0.722292E-17	D : 0.630701E-22
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
E :	-0.506831E-25	F : 0.126917E-29	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
EC :	0	FC : 0	GC : 100	HC : 100
J :	0.000000E+00			
JC :	100			
+33:	195.44558	14.999813	'CAF2HL'	0 100
+34:	143.55672	24.205075		0 0
+35:	263.40415	39.902984	'CAF2HL'	0 0
+36:	-1526.30319	3.439634		0 0
+37:	167.78607	29.120237	'CAF2HL'	0 0
+38:	403.43077	13.299521		0 0
ASP:				
K :	0.000000	KC : 100		
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A :	0.213702E-07	B : -0.256444E-12	C : 0.855972E-17	D : -0.404743E-20
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
E :	0.309335E-24	F : -0.169687E-28	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
EC :	0	FC : 0	GC : 100	HC : 100
J :	0.000000E+00			
JC :	100			
S TO:	INFINITY	29.339697		
+40:	-259.64858	30.669679	'CAF2HL'	100 0
+41:	-231.31755	1.374343		0 0
ASP:				
K :	0.000000	KC : 100		
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A :	0.247745E-07	B : -0.143625E-11	C : 0.149412E-15	D : -0.103761E-19
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
E :	0.440576E-24	F : 0.000000E+00	G : 0.000000E+00	H : 0.000000E+00
EC :	0	FC : 100	GC : 100	HC : 100
J :	0.000000E+00			
JC :	100			

table 8: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

742:	365.96245	51.763916	'CAF2HL'	0	0
ASP:					
K :	0.000000	KC :	100		
IC :	YES	CUF:	0.000000	CCF:	100
A :=-.233481E-08		B :=-.114992E-11		C :0.787872E-16	D :-.817596E-20
AC :	0	BC :	0	CC :	0
E :0.190478E-24		F :0.000000E+00		G :0.000000E+00	H :0.000000E+00
EC :	0	FC :	100	GC :	100
J :0.000000E+00				HC :	100
JC :	100				
743:	-578.98949	1.500000		0	100
744:	134.74918	36.384686	'CAF2HL'	0	0
745:	163.80998	0.500000		0	100
ASP:					
K :	0.000000	KC :	100		
IC :	YES	CUF:	0.000000	CCF:	100
A :-.322326E-07		B :0.819328E-11		C :0.316811E-15	D :0.370077E-19
AC :	0	BC :	0	CC :	0
E :0.552969E-25		F :0.000000E+00		G :0.000000E+00	H :0.000000E+00
EC :	0	FC :	100	GC :	100
J :0.000000E+00				HC :	100
JC :	100				
746:	105.20708	35.374148	'CAF2HL'	0	100
747:	2493.20162	1.000000		0	100
748:	357.29743	36.324916	'CAF2HL'	0	100
749:	-759.96556	12.069863		0	PIM
ASP:					
K :	0.000000	KC :	100		
IC :	YES	CUF:	0.000000	CCF:	100
A :0.364257E-07		B :0.139300E-10		C :-.141126E-13	D :0.677942E-17
AC :	0	BC :	0	CC :	0
E :-.780604E-21		F :-.196532E-24		G :0.000000E+00	H :0.000000E+00
EC :	0	FC :	0	GC :	100
J :0.000000E+00				HC :	100
JC :	100				
IMG:	INFINITY	0.000137		100	0

table 9: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

			CCY	THC	GLC
OBJ:	INFINITY	0.000000			
801:	INFINITY	34.000000			
802:	251.38730	38.497396	'CAF2HL'	0	0
803:	603.00415	90.000000		0	100
ASP:					
K :	0.000000	KC : 100			
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100		
A :-.	124195E-07	B :-201050E-12	C :0.136116E-17	D :-369989E-21	
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0	
E :0.571614E-25	F :-300137E-29	G :0.000000E+00	H :0.000000E+00		
EC :	0	FC : 0	GC : 100	HC : 100	
J :0.000000E+00					
JC :	100				
804:	INFINITY	460.459734		100	0
805:	INFINITY	0.000000		100	100
806:	-258.59640	22.000000	'CAF2HL'	0	100
807:	-515.99269	26.483445		0	0
808:	-403.63140	13.000000	'CAF2HL'	0	100
809:	-928.08447	37.951900		0	0
810:	-173.01949	14.000000	'CAF2HL'	0	100
811:	-289.04453	3.607524		0	0
ASP:					
K :	0.000000	KC : 100			
IC :	YES	CUF: 0.000000	CCF: 100		
A :-.	439665E-08	B :0.442003E-13	C :0.181557E-17	D :-148322E-21	
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0	
812:	INFINITY	0.000010	REFL	100	100
813:	267.30150	3.607524	REFL	0	PIK
ASP:					
K :	0.000000	KC : 100			
IC :	YES	CUF: 0.000003	CCF: 100		
A :-.	214071E-08	B :0.147481E-13	C :0.128674E-17	D :-843005E-22	
AC :	0	BC : 0	CC : 0	DC : 0	
814:	289.04453	14.000000	'CAF2HL'	PIK	PIK
ASP:					

table 9: wavelength = 157,13 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
K : 0.000000	KC : 100		
IC : YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A : 0.439665E-08	B : -442003E-13	C : -181557E-17	D : 0.148322E-21
AC : PIK	BC : PIK	CC : PIK	DC : PIK
215: 173.01949	37.951900		PIK PIK
216: 928.08447	13.000000	'CAF2HL'	PIK PIK
217: 403.63140	26.483445		PIK PIK
218: 515.99269	22.000000	'CAF2HL'	PIK PIK
219: 258.59640	0.000000		PIK PIK
220: INFINITY	447.459734		100 PIK
221: INFINITY	60.000000		100 100
222: INFINITY	15.356414		100 HMY
223: INFINITY	40.000000		100 100
224: INFINITY	0.000000		100 100
225: 633.39437	35.000000	'CAF2HL'	0 100
226: -347.37162	119.686124		0 0
227: -211.26446	20.000000	'CAF2HL'	0 100
228: -237.58727	1.055156		0 0
229: 550.08434	40.000000	'CAF2HL'	0 0
30: -612.80061	40.249917		0 0
31: -201.71052	35.000000	'CAF2HL'	0 100
32: -322.70560	321.354243		0 0
33: -585.62058	9.084229	'CAF2HL'	0 0
34: 367.59560	18.890606		0 0
ASP:			
K : 0.000000	KC : 100		
IC : YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A : 0.290547E-07	B : -169007E-12	C : -334287E-17	D : 0.420422E-21
AC : 0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
35: 1167.44840	32.000000	'CAF2HL'	0 100
36: -274.28444	43.654547		0 0
37: 189.47888	45.000000	'CAF2HL'	0 0
38: 724.11587	12.838681		0 0
39: INFINITY	29.998948		100 0
40: 299.02718	33.232875	'CAF2HL'	0 0
41: 1469.50622	12.574830		0 0
42: 161.10860	31.660134	'CAF2HL'	0 0
43: 1679.93121	12.291388		0 0
44: -1595.69234	44.999319	'CAF2HL'	0 0
ASP:			
K : 0.000000	KC : 100		
IC : YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A : -831600E-07	B : 0.176877E-12	C : 0.802277E-16	D : -176968E-20
AC : 0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
845: -574.39812	1.000000		100 100
846: 105.01287	35.374148	'CAF2HL'	100 100
847: 447.38323	1.000000		100 100
848: 518.28016	36.324916	'CAF2HL'	100 100
849: -590.37066	12.070070		0 PIM
ASP:			
K : 0.000000	KC : 100		
IC : YES	CUF: 0.000000	CCF: 100	
A : 0.117497E-06	B : -225496E-10	C : 0.111640E-13	D : -286686E-17
AC : 0	BC : 0	CC : 0	DC : 0
IMG: INFINITY	-0.000069		100 0

table 10: wavelength = 157.63 nm

Object Reference number	Radius Radius	Thickness RMD	Glass sort
		THI RMD	Glass material GLA
OBJ:	INFINITY	34.000000	
1:	INFINITY	4.000000	
1002:	312.33717	18.000000	'CAF2'
1003:	9682.90059	83.000000	
1004:	INFINITY	0.000000	REFL
XDE:	0.000000	YDE: 0.000000	ZDE: 0.000000 BEN
ADE:	52.000000	BDE: 0.000000	CDE: 0.000000
5:	INFINITY	-414.787259	
1005:	-405.55295	-22.000000	'CAF2'
1007:	-2462.67101	-41.116913	
1008:	203.79683	-13.000000	'CAF2'
1009:	1424.67372	-33.321295	
1010:	176.13502	-14.000000	'CAF2'
1011:	480.49454	-16.561783	
1012:	241.31296	16.561783	REFL
13:	480.49454	14.000000	'CAF2'
14:	176.13502	33.321295	
15:	1424.67372	13.000000	'CAF2'
16:	203.79683	41.116913	
17:	-2462.67101	22.000000	'CAF2'
18:	-405.55295	409.787259	
19:	INFINITY	0.000000	
1020:	INFINITY	-70.541305	REFL
XDE:	0.000000	YDE: 0.000000	ZDE: 0.000000 BEN
ADE:	38.000000	BDE: 0.000000	CDE: 0.000000
1021:	INFINITY	-59.941156	
1022:	-150.01878	-20.561459	'CAF2'
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.141974E-07		B : 0.103663E-12	C : 0.352915E-16 D : -0.784951E-21
E : 0.116720E-24		F : -0.256130E-29	G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
1023:	-179.90446	-6.322544	
1024:	-210.09795	-39.346550	'CAF2'
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.767825E-10		B : 0.128720E-13	C : -0.336180E-16 D : 0.379837E-21
E : -0.119676E-24		F : 0.186053E-29	G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
1025:	473.11548	-103.837418	
1026:	3696.82552	-15.080000	'CAF2'
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.254112E-07		B : -0.369099E-12	C : -0.152523E-16 D : -0.211663E-22
E : 0.393483E-25		F : -0.220459E-31	G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
1027:	-1457.62061	-116.883653	
1028:	245.07294	-15.478383	'CAF2'
1029:	470.01593	-119.413520	
ASP:			
K :	0.000000		
IC :	YES	CUF: 0.000000	
A : 0.248698E-08		B : -0.133539E-11	C : -0.100200E-16 D : -0.278441E-21
E : -0.245690E-25		F : 0.118555E-29	G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00			
1030:	-211.14451	-46.407461	'CAF2'
1031:	390.08349	-41.589722	
1032:	214.84948	-15.000000	'CAF2'
1033:	-152.90981	-22.009325	
ASP:			
K :	0.000000		

table 10: wavelength = 157,63 nm

Object	Radius	Thickness RMD	Glass sort
--------	--------	---------------	------------

```

IC : YES CUF: 0.000000
A : -671886E-07 B : 0.227147E-11 C : 0.653352E-16 D : 0.531753E 21
E : -466815E-25 F : 0.184559E-29 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00

10 34: -456.24753 -36.555361 'CAF2'
10 35: 231.78386 -1.000000
10 36: 3335.79137 -13.249069
10 37: 798.41900 -1.000000
STO: INFINITY -4.032535
1039: -158.37404 -46.695487
10 40: -287.83268 -0.999916
10 41: -174.28171 -11.999877
10 42: -127.11599 -15.767825

ASP:
X : 0.000000
IC : YES CUF: 0.000000
A : -171361E-07 B : -218987E-11 C : -743527E-16 D : -678130E-20
E : 0.949579E-24 F : -111046E-27 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00

10 43: -215.90706 -41.405295 'CAF2'
10 44: 241.65885 -1.000000
10 45: -92.14326 -44.385959
10 46: -251.19562 -2.210034

ASP:
K : 0.000000
IC : YES CUF: 0.000000
A : 0.901760E-07 B : -301574E-11 C : -1.132486E-14 D : 0.194427E-18
E : 0.127620E-22 F : -272720E-27 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00

10 47: -163.12830 -46.630069 'CAF2'
48: INFINITY 0.000000
10 49: 551.37429 0.000000

ASP:
K : 0.000000
IC : YES CUF: 0.000000
A : -743735E-07 B : -149540E-10 C : 0.934774E-15 D : -100734E-16
E : 0.533395E-20 F : -149893E-23 G : 0.000000E+00 H : 0.000000E+00
J : 0.000000E+00

50: INFINITY -6.000000 'CAF2'
51: INFINITY -11.999873
IMG: INFINITY

```

&lt;130&gt;

### 발명의 효과

<131> 본원 발명은 본원 발명의 명세서, 특히 청구의 범위, 도면 및 표에 나타나 있는 특징의 모든 조합을 포함한다.

<132> 본원 발명의 상세한 설명이 투영 노출에 의한 스캐닝 과정을 중심으로 설명되었으나, 본원 발명은 스텝엔드리피트(step and repeat) 또는 스티칭(stitching)공정에도 유용하게 사용될 수 있다. 스티칭 과정에서는 광학 시스템을 매우 작게 할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

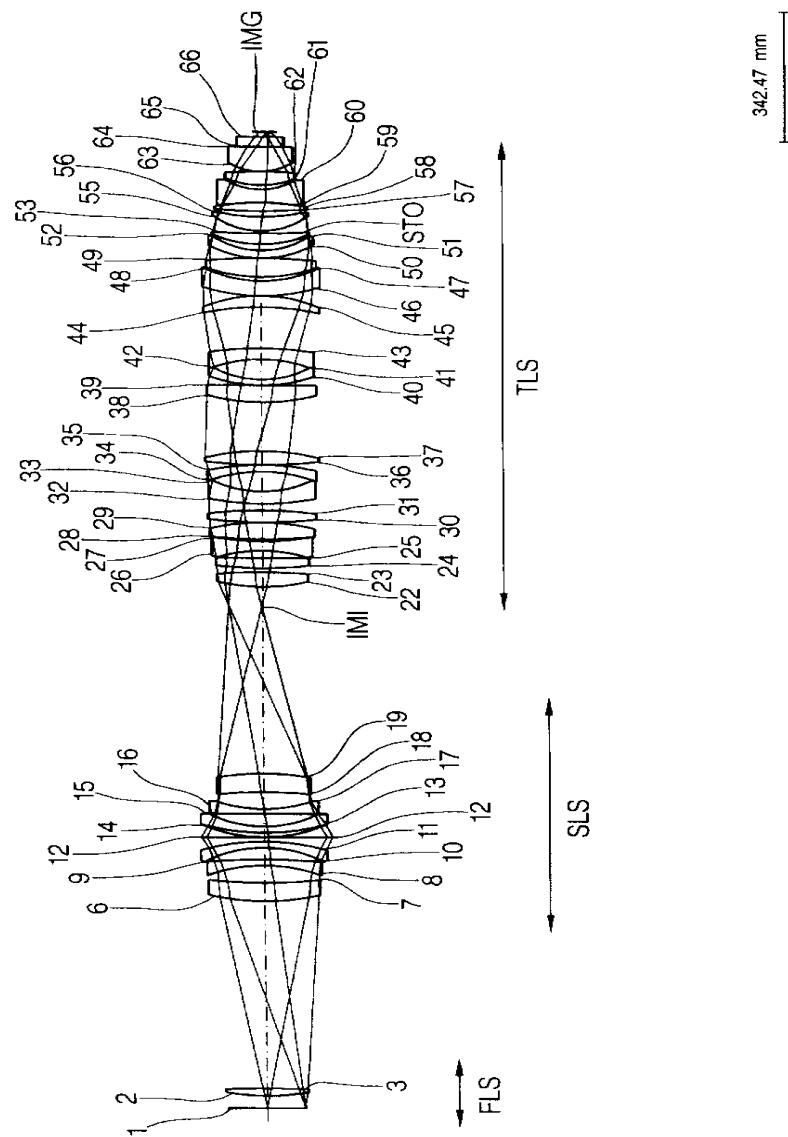
<1> 도 1은 본원 발명에 따르는 제 1 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.

<2> 도 2는 본원 발명에 따르는 제 2 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.

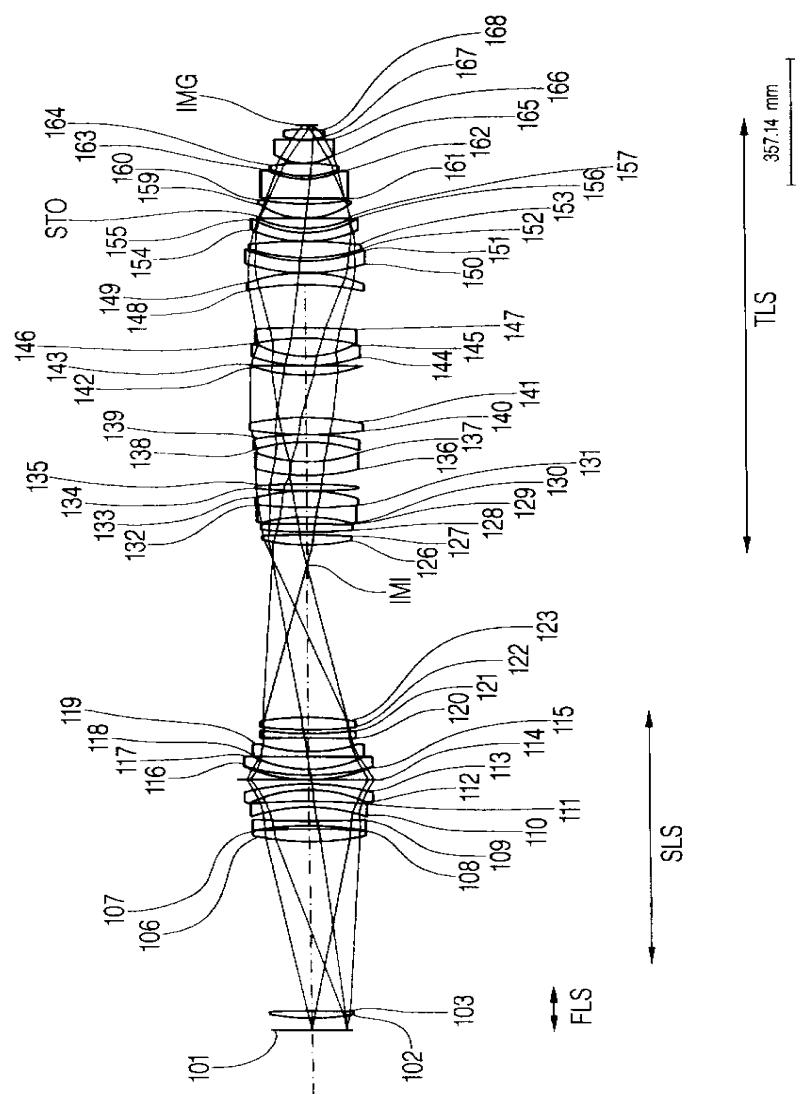
- <3> 도 3은 본원 발명에 따르는 제 3 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다. 1
- <4> 도 4는 본원 발명에 따르는 제 4 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <5> 도 5는 본원 발명에 따르는 제 5 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <6> 도 6은 본원 발명에 따르는 제 6 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <7> 도 7은 본원 발명에 따르는 제 7 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <8> 도 8은 본원 발명에 따르는 제 8 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <9> 도 9는 본원 발명에 따르는 제 9 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <10> 도 10은 본원 발명에 따르는 제 10 실시예를 나타내는 렌즈 배열의 단면도이다.
- <11> 도 11은 폴딩미러(folding mirror)를 사용하는 본원 발명에 따르는 또 다른 렌즈 배열을 나타내는 단면도이다.
- <12> ※도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명
- <13> 0 : 초기평면
- <14> 12, 13, 100, 211, 513 : 오목거울
- <15> 749, 834, 844, 849 : 비구면
- <16> IMI : 중간상평면                    IMG : 영상 평면
- <17> STO : 개구 스톱부                    FLS : 제 1 렌즈 시스템
- <18> SLS : 제 2 렌즈 시스템                    TLS : 제 3 렌즈 시스템

도면

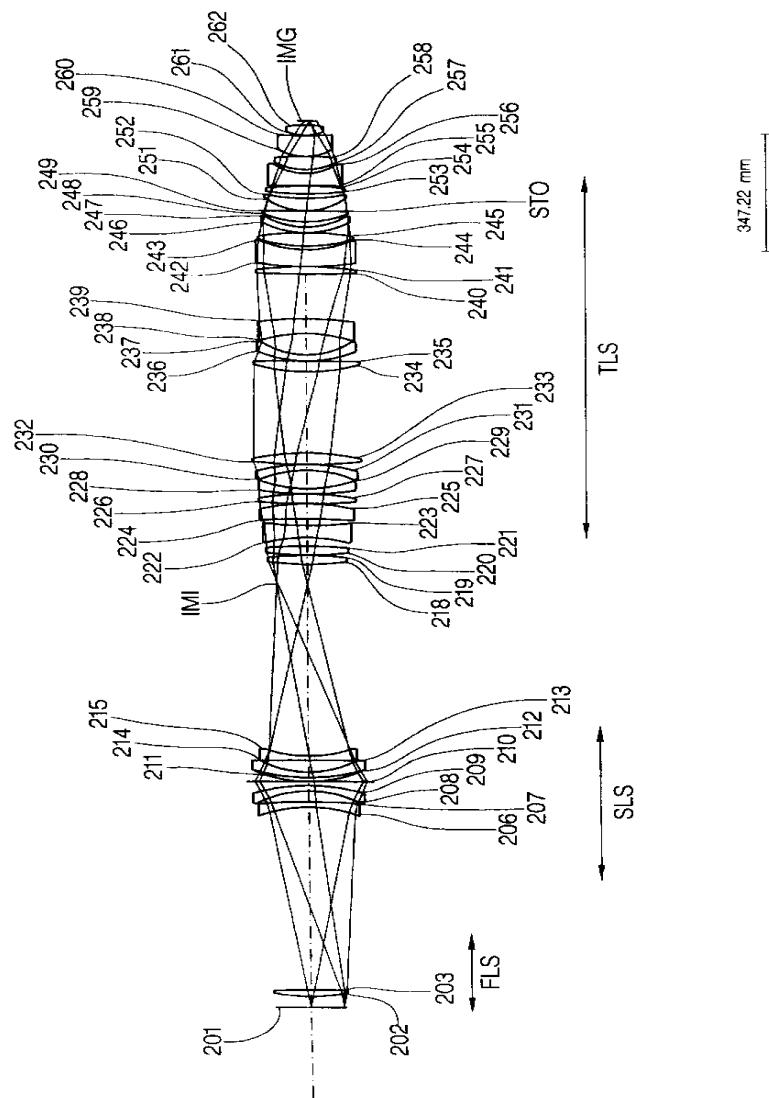
도면1



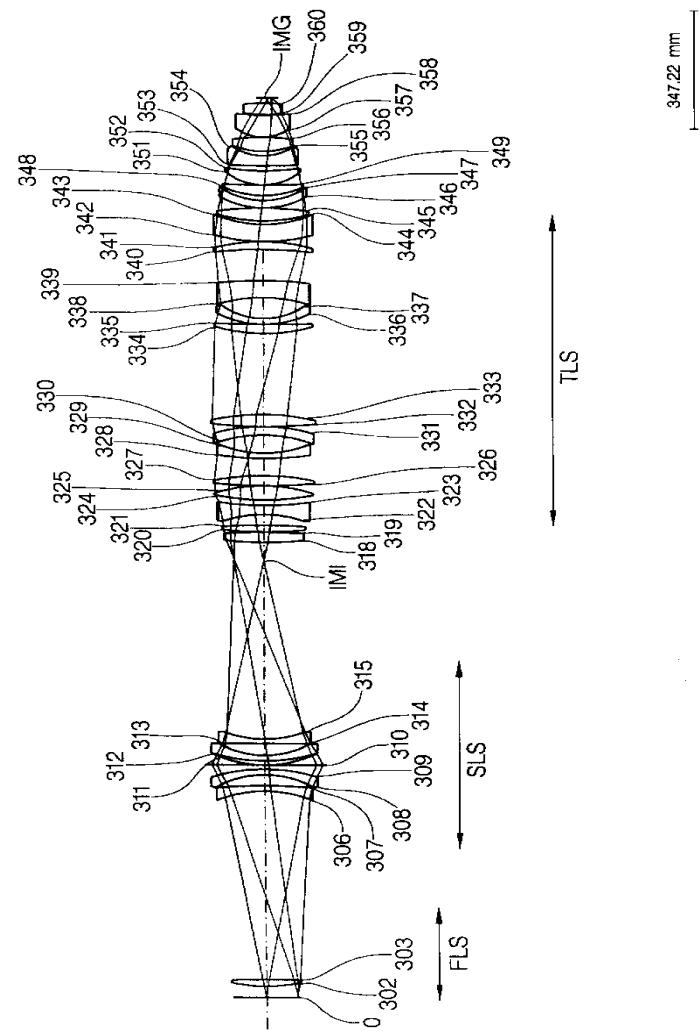
도면2



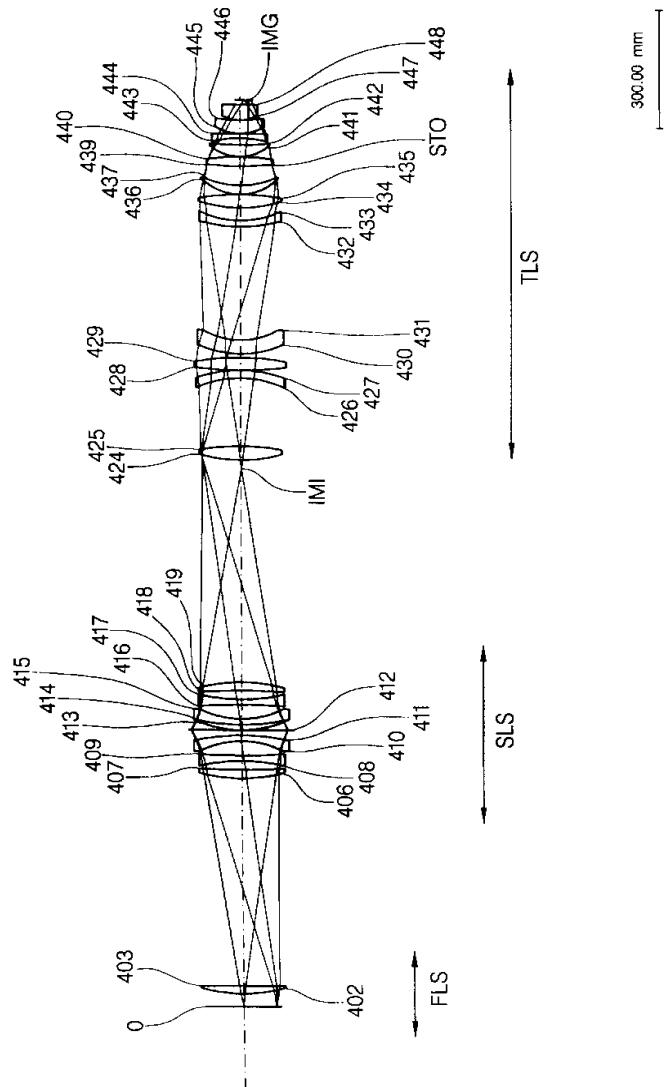
도면3



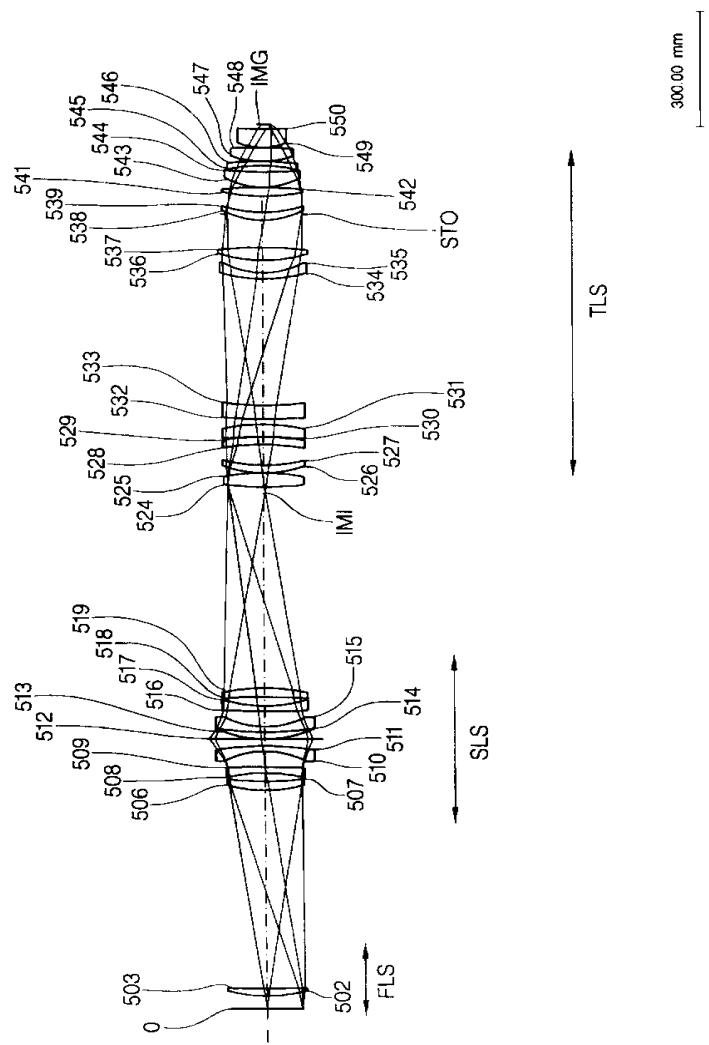
도면4



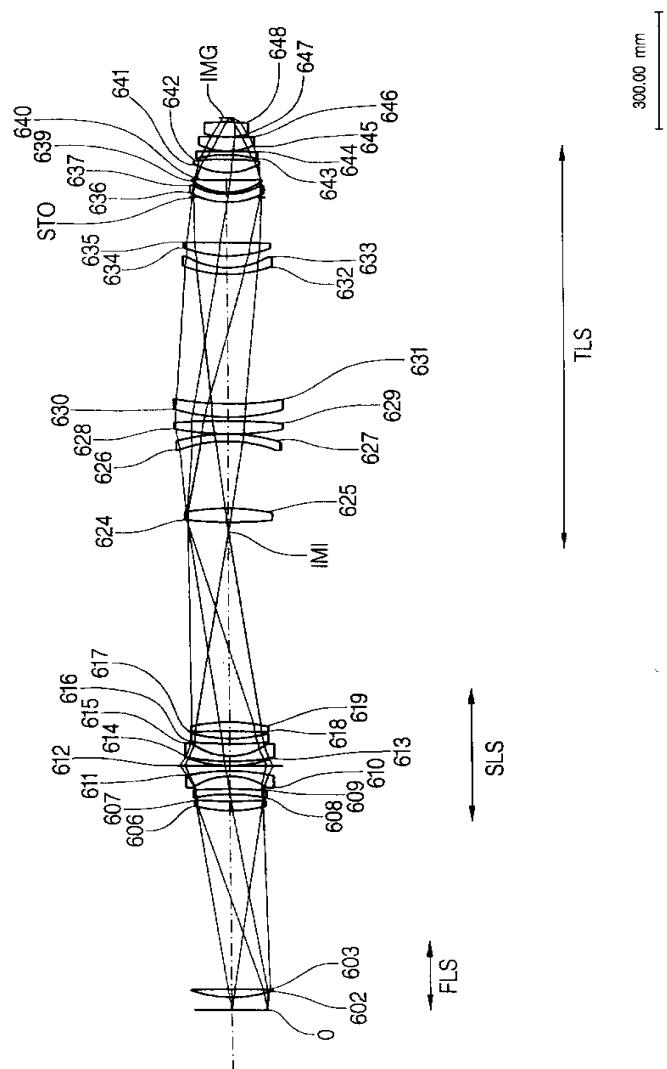
도면5



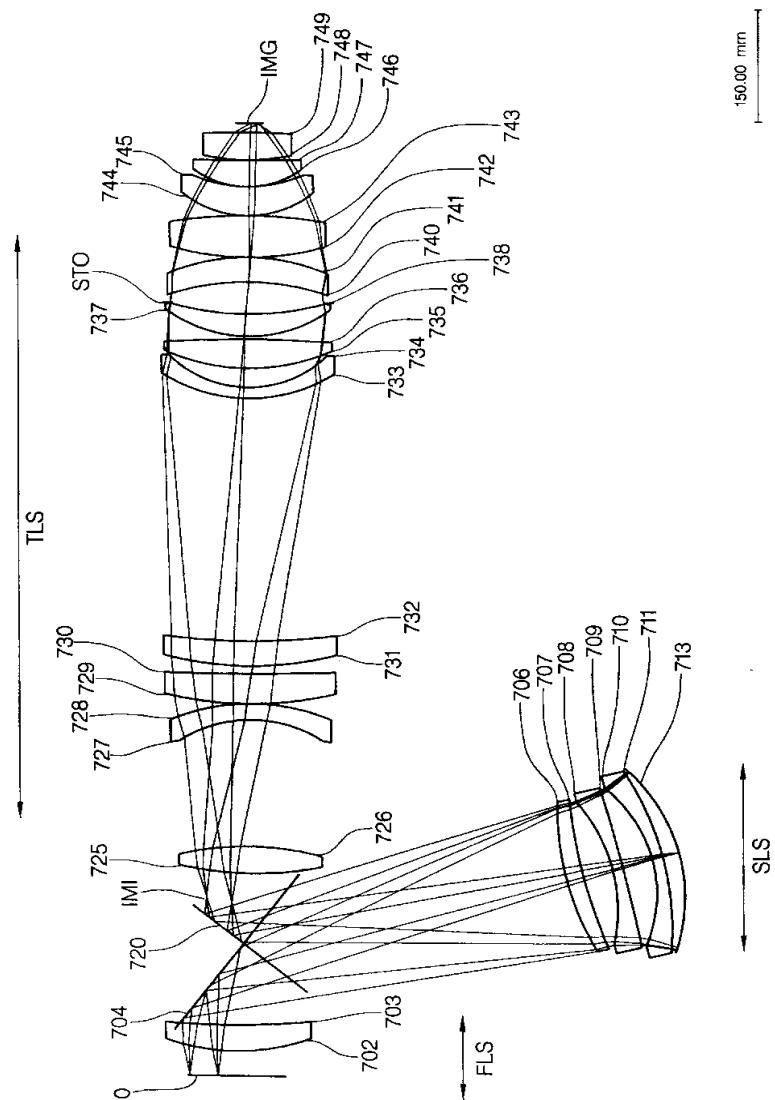
도면6



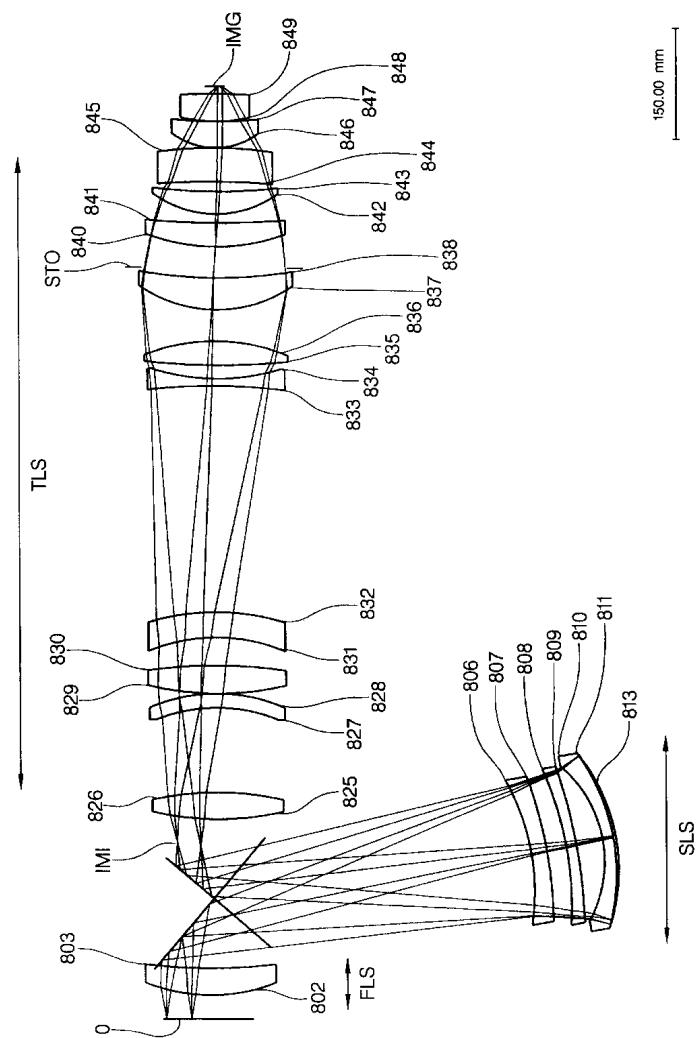
도면7



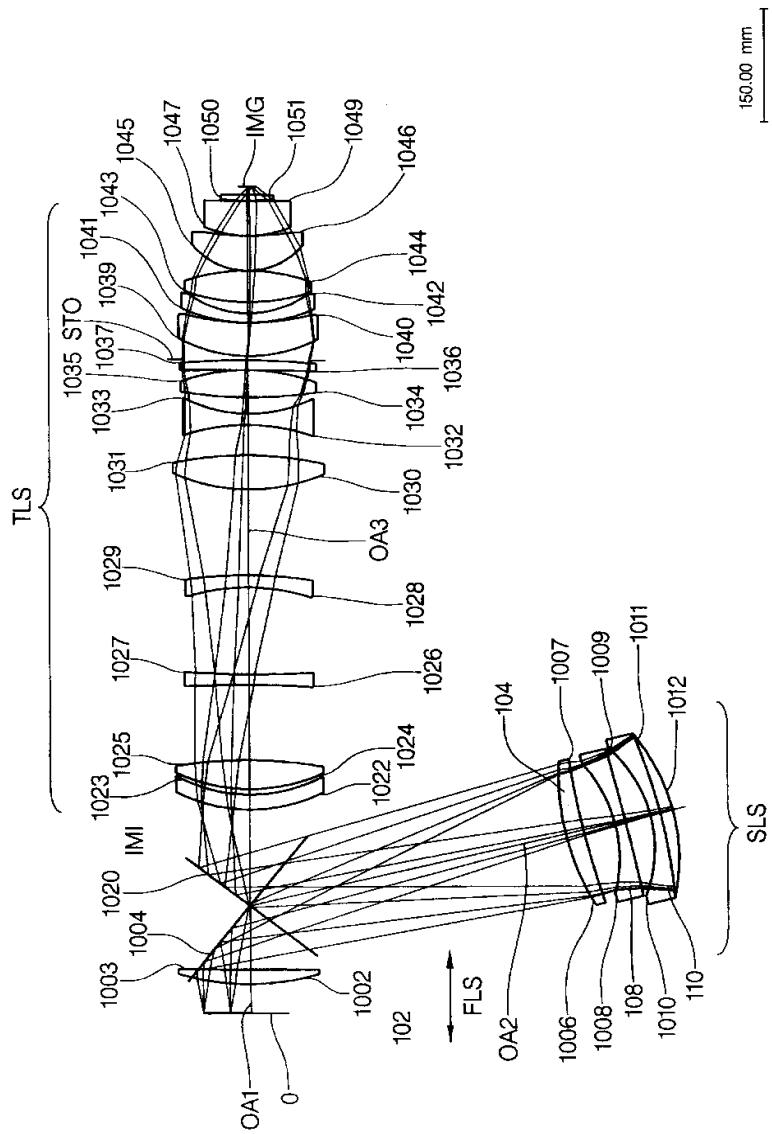
도면8



도면9



## 도면10



도면11

