

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁶
F24F 1/00

(11) 공개번호 특 1998-032037
(43) 공개일자 1998년 07월 25일

(21) 출원번호	특 1997-005135
(22) 출원일자	1997년 02월 20일
(30) 우선권주장	301086/1996 1996년 10월 25일 일본(JP) 353023/1996 1996년 12월 13일 일본(JP)
(71) 출원인	니콘 코포레이션 고노 시게오
	일본 도쿄 찌요다-구 마루노우찌 3-쪼메 2-3
(72) 발명자	스기야마 가요 일본 도쿄 찌요다-구 마루노우찌 3-쪼메 2-3 후지빌딩 니콘 코포레이션 내 구도 유찌 일본 도쿄 찌요다-구 마루노우찌 3-쪼메 2-3 후지빌딩 니콘 코포레이션 내 다니찌 오사무 일본 도쿄 찌요다-구 마루노우찌 3-쪼메 2-3 후지빌딩 니콘 코포레이션 내
(74) 대리인	박장원

심사청구 : 없음

(54) 조명광학장치 및 그 장치를 갖춘 노광장치

요약

다광원의 형상 또는 크기의 변경에 따른 조도불규칙의 보정에 기인해서 발생하는 광학특성의 변화를 간소한 조정기구로 보정한다.

변경수단 13에 의한 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 피조사면에서 발생하는 조도불규칙을 보정하기 위한 제1보정수단 21, 14B와, 제1보정수단의 보정작용에 기인해서 발생하는 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화와 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리시티의 변화중 적어도 한쪽의 변화를 보정하기 위한 제2보정수단 22, 14A1를 갖추고 있다.

대표도

도1

영세서

도면의 간단한 설명

도 1은 본 발명의 실시예에 관계된 조명광학장치를 갖춘 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1의 구경조리개 3의 구경형상의 변화에 따른 조도분포의 변 등을 보정하는 보정동작을 설명하는 도이다.

도 3은 도 1의 구경조리개 3의 구경형상의 변화에 따른 조도분포의 변동을 보정하는 동작을 설명하는 도이다.

도 4는 도 1의 구경조리개 3의 구경형상의 변화에 따른 조도분포의 변동을 보정하는 동작을 설명하는 도이다.

도 5는 도 1의 구경조리개 3의 구경형상의 변화에 따른 조도분포의 변동을 보정하는 동작을 설명하는 도이다.

도 6A 내지 6E는 구경조리개의 다양한 구경형상을 각각 나타낸 도면이다.

도 7A 내지 7C는 도 6의 구경형상에 각각 대응하는 조도분포를 나타낸 도면이다.

도 8A 및 8B는 도 6A 내지 6E의 각 구경형상에 각각 대응하는 조도분포를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 제2실시예 내지 제5실시예에 관계된 조명광학장치를 갖춘 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 10은 본 발명의 제2실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 11은 본 발명의 제3실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 12는 본 발명의 제4실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.
 도 13은 일광행노광형의 노광장치에 있어 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기전의 상태를 나타낸 도면이다.
 도 14는 도 13의 상태에서 레티클 블라인드 RB 상에서의 강도분포를 나타낸 도면이다.
 도 15는 일광노광형의 노광장치에 있어 다광원의 형상 또는 크기를 변동한 후의 상태를 나타낸 도면이다.
 도 16은 도 7의 형태에서 레티클 블라인드상에서의 강도분포를 나타낸 도면이다.

도 17은 본 발명의 제3실시예에 관계된 조명광학장치를 조립해 넣은 스캔노광형의 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.
 도 18은 스캔노광형의 노광장치에서 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 전의 상태를 나타낸 도면이다.
 도 19는 도 18의 상태에서 레티클 블라인드 RB 상에서의 강도분포를 나타낸 도면이다.
 도 20은 스캔노광형의 노광장치에서 다광원의 형상 또는 크기를 변경한 후의 상태를 나타낸 도면이다.
 도 21은 도 20의 상태에서 레티클 블라인드 RB 상에서의 강도분포를 나타낸 도면이다.
 도 22는 본 발명의 제5실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.
 도 23는 제5실시예에 있어 구경조리개 3과 렌즈군 4의 위치가 렌즈군 4의 앞측 초점위치 F로부터 광학적분기축으로 벗어나 있는 상태를 나타낸 도면이다.
 도 24는 제5실시예에 있어 구경조리개 3과 렌즈군 4 사이의 광행로중에 평행평면판 4c를 삽입한 상태를 나타낸 도면이다.
 도 25는 제5실시예에 있어 구경조리개 3과 렌즈군 4사이의 광행로중에 평행평면판 4c에 하나의 평행평면 4d를 삽입한 상태를 나타낸 도면이다.
 도 26은 본 발명의 제5실시예의 변형예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 조명광학장치 및 그 장치를 갖춘 노광장치에 관한 것으로, 특히, 반도체 투영 노광장치의 조명광학계에서의 조도분포의 보정에 관한 것이다.

반도체 노광장치에 있어, 광원으로부터 사출된 빛은 광학적분기에 입사되고, 그 후측 초점면에는 많은 광원으로 이루어진 다광원이 형성된다. 다광원으로부터의 빛은 광학적분기의 후측 초점면의 근방에 배치된 구경조리개를 통한 후, 콘덴서 광학계에 입사한다. 구경조리개는 소정 조명조건에 따라 다원광의 형상 또는 크기를 소정 형상 또는 크기로 변경한다.

콘덴서 광학계에 의해 집광된 빛은 콘덴서 광학계중에 배치된 레티클 블라인드를 통해서 레티클(또는 마스크)을 중첩적으로 조명한다. 레티클에는 패턴이 형성되고, 그 조명영역은 레티클 블라인드에 따라 규정된다. 레티클의 패턴을 투과한 빛은 투영광학계를 통해서 웨이퍼상에 결상된다. 이렇게 해서 웨이퍼상에는 레티클 패턴이 투영 노광(전사)된다.

레티클에 형성된 패턴은 고집적화되어 있고, 이 패턴을 웨이퍼상에 정확하게 전사하려면 웨이퍼상에서 균일한 조도 분포를 얻는 것이 불가결이다. 이 때문에 웨이퍼상에서의 조도 분포가 균일하게 되도록 광학적분기 및 콘덴서 광학계를 설계 배치해야만 한다. 그러나 조도분포가 균일하게 되도록 광학적분기 및 콘덴서 광학계를 설계 배치하더라도 장치의 제조오차 등에 의해 불규칙한 조도가 발생하고, 균일한 조도분포를 얻을 수 없게 된다. 그래서, 종래 노광장치에서는 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 가동렌즈군을 광축방향으로 이동시켜 조도 불규칙을 저감해서 조도분포를 균일화하는 보정을 수시로 행할 수 있도록 구성되어 있다.

근래, 광학적분기의 사출측에 배치된 구경조리개 등의 구경형상을 변경하므로써 광학적분기에 의해 형성된 다수의 다광원의 크기를 변경해서 조명의 결맞음 σ (σ =구경조리개 지름/투영광학계의 동공지름)을 변화시키는 것, 혹은 광학적분기에 의해 형성된 다수의 광원상의 형상을 띠모양으로 변경해서 투영광학계가 갖는 본래의 초점심도나 해상력을 향상시키는 것이 주목되고 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그러나, 이렇게 광학적분기의 사출측에 배치된 구경조리개 등의 구경형상을 변경함에 따라 피조사면으로서의 레티클이나 감광성 기판으로서의 웨이퍼 등에 조명 불규칙이 발생하는 것이 각종 실험 등을 통해 확실하게 되었다.

그래서, 본 발명의 목적은 상술의 과제를 해결하기 위한 것으로, 이차광원의 형상 또는 크기의 변경에 따른 피조사면에서의 조도분포의 변동을 보정할 수 있는 조명광학장치 및 그 장치를 갖춘 노광장치를 제공함에 있다.

또, 실험을 거친 결과, 광학적분기의 사출측에 배치된 구경조리개의 구경형상을 변경함에 기인해서 피조

사면에서 발생하는 조명 불규칙을 보정하기 위해, 빛모음광학계를 구성하는 적어도 일부의 광학계 (가동렌즈군 등)를 광축방향으로 이동시키면 그 광학계의 가동에 기인해서 콘덴서 광학계의 백포커스나 텔레센트리서티 등의 광학특성이 변화해서 조명상태를 악화시킴이 판명되었다.

따라서, 본 발명의 다른 목적은 상술의 과제를 해결하기 위한 것으로, 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 따른 조도 불규칙의 보정에 기인해서 발생하는 광학특성의 변화를 간소한 조정기구로 보정할 수 있는 조명광학장치 및 그 조명광학장치를 갖춘 노광장치를 제공하는 것이다.

발명의 구성 및 작용

상기 과제를 해결하기 위해 본 발명에서는, 광원으로부터의 빛에 의거해 다수의 이차광원을 형성하는 다광원 형성수단과, 그 다광원 형성수단에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 다광원의 크기를 변경하는 변경수단과, 그 변경수단에 의해 설정된 소정의 형상 또는 소정의 크기를 갖는 다광원으로부터의 빛을 집광해서 피조사면을 중첩적으로 조명하는 콘덴서 광학계를 갖추고, 상기 피조사면에서의 조도분포가 거의 균일하게 되도록 상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 다광원의 크기의 변경에 따라 상기 콘덴서 광학계의 적어도 일부의 광학요소를 이동시키는 것을 특징으로 하는 조명광학장치를 제공한다.

이 경우, 상기 다광원 형성수단은 다수의 렌즈요소로 구성된 광학적분기를 가지고, 상기 변경수단은 상기 광학적분기에 의해 형성된 이차광원을 소정의 형상 또는 소정의 크기로 설정하기 위한 가변구경을 가지는 가변구경조리개를 가지는 것이 바람직하다.

또, 본 발명의 다른 국면에 따르면, 소정의 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명광학장치를 갖추고, 상기 마스크의 패턴상을 감광성 기판상에 형성하는 노광장치에 있어, 상기 조명광학장치는 광원으로부터의 빛에 의거해 다수의 이차광원을 형성하는 다광원 형성수단과, 상기 다광원 형성수단에 의해 다광원의 형상 또는 다광원의 크기를 변경하는 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 설정된 소정의 형상 또는 소정의 크기를 가지는 다광원으로부터의 빛을 집광해서 피조사면을 중첩적으로 조명하는 콘덴서 광학계를 가지고, 상기 피조사면에서의 조도분포가 거의 균일하게 되도록, 상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 다광원의 크기의 변경에 따라 상기 콘덴서 광학계의 적어도 일부인 광학요소를 이동시키는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다.

이 경우, 상기 다광원형성수단은 다수의 렌즈요소로 구성된 광학적분기를 가지고, 상기 변경수단은 상기 광학적분기에 의해 형성된 이차광원을 소정의 형상 또는 소정의 크기로 설정하기 위한 가변구경을 가지는 가변구경조리개를 가지는 것이 바람직하다.

또, 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명에서는, 빛을 공급하기 위한 광원수단과, 상기 광원수단으로부터의 빛에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 다광원을 형성하기 위한 광학적분기와, 상기 광학적분기에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 위한 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 변경된 형상 또는 크기를 가지는 다광원으로부터의 빛을 집광해서 피조사면을 중첩적으로 조명하기 위한 빛모음광학계를 갖춘 조명광학장치에 있어서, 상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 상기 피조사면에서 발생하는 조도불규칙을 보정하기 위한 제1조정 수단과, 상기 제1보정수단의 보정작용에 기인해서 발생하는 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화와 상기 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화중 적어도 한쪽의 변화를 보정하기 위한 제2보정수단을 갖춘 것을 특징으로 하는 조명광학장치를 제공한다.

본 발명의 바람직한 양상에 의하면, 상기 제1보정수단은 상기 콘덴서 광학계의 제1부분을 구성하는 제1광학계를 상기 콘덴서 광학계의 광축을 따라 이동시켜 상기 조도불규칙을 보정하고, 상기 제2보정수단은 상기 제1광학계와는 다른 상기 콘덴서 광학계의 제2부분을 구성하는 제2광학계의 초점거리를 변경하므로써 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화를 보정한다. 이 경우, 상기 제2보정수단은 상기 제2광학계와는 다른 초점거리를 가지는 다수의 백포커스 보정광학계를 가지고 또 상기 다수의 백포커스 보정광학계중 하나의 백포커스 보정광학계를 상기 제2광학계 대신에 조명광행로내에 설정하기 위한 교환수단을 가지는 것이 바람직하다.

또, 본 발명은 빛을 공급하기 위한 광원수단과, 상기 광원수단으로부터의 빛에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 다광원을 형성하기 위한 광학적분기와, 상기 광학적분기에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 위한 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 변경된 형상 또는 크기를 가지는 다광원으로부터의 빛을 집광해서 마스크를 중첩적으로 조명하기 위한 콘덴서 광학계와, 상기 마스크상의 패턴을 감광성 기판에 투영 노광하기 위한 투영광학계를 갖춘 노광장치에 있어, 상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 상기 마스크상 또는 상기 감광성 기판상에서 발생하는 조도불규칙을 보정하기 위한 제1보정수단과, 상기 제1보정수단의 보정작용에 기인해서 발생하는 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화와 상기 마스크 또는 상기 감광성 기판상에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화중 적어도 한쪽의 변화를 보정하기 위한 제2보정수단을 갖추고 있는 것을 특징으로 하는 노광장치를 제공한다.

이러한 본 발명의 바람직한 양상에 따르면, 상기 광원수단과 상기 광학적분기 사이에 상기 광원수단으로부터의 빛에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 다광원을 형성하기 위한 제2광학적분기가 설치되고, 상기 제2광학적분기에 의해 형성된 다광원으로부터의 빛을 상기 제2광학적분기보다도 피조사면측에 배치된 상기 광학적분기로 유도한다.

또, 본 발명에서는 본 발명의 조명광학장치를 이용해 상기 피조사면상에 배치된 마스크의 패턴을 감광성 기판상에 노광하는 공정을 포함하는 반도체소자를 제조하는 방법을 제공한다.

[본 발명 실시를 위한 최선의 형태]

우선, 구경형상의 변화 즉 이차광원의 형상 또는 크기의 변경에 따른 피조사면에서의 조도분포의 변동에 대해 설명한다.

노광장치를 구성하는 개개의 렌즈의 표면에는 그 투과율을 향상시키기 위해 반사방지막이 증착되어 있다.

그러나 각 렌즈의 완곡한 표면형상에 기인해서 반사방지막의 막두께가 렌즈표면의 전체에 걸쳐 반드시 일정하지 않다. 이 때문에 렌즈 표면의 반사율이 그 표면위치에 따라 다르다는 특성이 있다.

일반적으로, 렌즈표면에 반사방지막을 증착할 시, 렌즈표면의 중앙보다도 주변에 형성된 반사방지막이 조금 얇아진다. 이렇게 렌즈표면에서 중심축(광축)으로부터 멀어짐에 따라 반사방지막이 얇아지므로 광 속의 투과율도 광축으로부터 멀어짐에 따라 저하하는 경향이 있다.

또, 반사방지막은 그 표면에 대해 수직으로 입사하는 광 속의 반사를 가장 양호하게 방지하도록 구성되어 있다. 따라서 반사방지막의 표면에 대한 광 속의 입사각이 커짐에 따라 투과율이 저하한다. 일반적으로 렌즈표면에 대한 광 속의 입사각은 광축으로부터 멀어짐에 따라 커지므로 광 속의 투과율도 광축으로부터 멀어짐에 따라 저하하는 경향이 있다.

이렇게 반사방지막의 막두께 변화 및 반사방지막으로의 입사각 변화의 영향에 의해 광축으로부터 떨어진 렌즈표면을 통과하는 빔은 웨이퍼면상에서 조도분포의 균일성을 손상시키는 경향이 있다.

즉, 이차광원에 대한 구경조리개의 구경형상을 변화시킴으로써 구경조리개를 통해 빔이 각 렌즈표면을 통과하는 영역이 변화한다. 그 결과, 각 렌즈면에서 반사 방지막의 막두께 변화 및 반사방지막으로의 입사각 변화의 영향을 받아 피조사면에서의 조도분포가 변동해 버린다.

이어, 도 6A 내지 6E 및 도 8A와 8B를 참조해서, 구경조리개의 구경형상의 변화에 따른 조도분포의 변동에 대해 구체적으로 설명한다.

또, 도 6A 내지 6E는 구경조리개의 다양한 구경형상을 각각 나타낸 도면이다. 또, 도 7A 내지 7C 및 도 6A 내지 6E의 각 구경형상에 각각 대응하는 조도분포를 나타낸 도면이다.

또, 투영 노광장치에서는 구경조리개 구경형상의 변경은 투영광학계의 해상도 및 초점심도의 향상을 목적으로 해서 조명광학계의 조명효율을 개선하기 위해 행해진다.

우선, 도 6A 내지 6C는 각각 구경지름이 다른 원형상의 구경부 16a 내지 16c를 가지는 구경조리개를 나타내고 있다.

여기서, 구경부 16b의 구경형상에 대한 조도분포가 도 7B에 나타난 바와 같이, 피조사면의 중앙부로부터 주변부를 거쳐 거의 균일하게 조정되어 있는 것으로 한다. 이 경우, 구경부 16a와 같이 구경지름을 크게 하면, 도 7A에 나타난 바와 같이 조도분포가 얻어진다. 즉, 구경지름의 증대에 수반해 피조면의 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 광강도가 서서히 감소하는 것과 같은 조도분포의 변동이 생긴다.

한편, 구경부 16b에 대해 조도분포가 거의 균일하게 조정된 상태에서 구경부 16c와 같이 구경지름을 작게 하면, 도 7C에 나타난 바와 같이 조도분포가 얻어진다. 즉, 구경지름의 감소에 수반해 피조사면의 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 광강도가 서서히 증대하는 조도분포의 변동이 생긴다.

이어, 도 6D 및 6E는 각각 띠모양의 구경부 16d 및 부채모양의 구경부 16e를 갖는 구경조리개를 나타내고 있다.

여기서, 구경부 16b에 대해 조도분포가 거의 균일하게 조정된 상태에서 띠모양의 구경부 16d와 같이 구경형상을 변화시키면, 도 8A에 나타난 바와 같은 조도분포가 얻어진다. 즉, 구경형상의 변화에 수반해 피조사면의 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 광강도가 서서히 감소하도록 조도분포의 변동이 생긴다.

또, 개구부 16b에 대해 조도분포가 거의 균일하게 조정된 상태에서 부채모양의 구경부 16e와 같이 구경형상을 변화시키면, 도 8B에 나타난 바와 같은 조도분포가 얻어진다. 즉, 구경형상의 변화에 수반해 피조사면의 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 광강도가 서서히 감소하는 조도분포의 변동이 생긴다.

이렇게 같은 조명광학장치에서 구경조리개의 구경형상을 변화시키는 것 만으로 피조사면에서의 조도분포가 변동하고, 조도분포의 균일성을 손상시킬 수 있다.

그래서, 본 발명은 피조사면에서의 조도분포가 거의 균일하게 되도록 구경형상의 변화 즉 이차광원의 형상 또는 크기의 변동에 따라, 예를 들면 콘덴서 광학계를 구성하는 렌즈군중 적어도 하나의 렌즈를 광축을 따라 적의 이동시킨다. 이렇게 해서 구경형상의 변화에 기인하는 조도분포의 변동을 신속하게 보정해서 그 균일성을 양호하게 유지하는 것이 가능하게 된다.

전술한 바와 같이, 고집적화된 마스크 패턴을 웨이퍼상에 정확하게 전사하려면, 웨이퍼상에서의 조도분포가 균일한 것이 불가결이다. 그래서, 조도분포가 균일하게 되도록 광학적분기와 같은 다광원 형성수단 및 콘덴서 광학계를 설계 배치해야 한다. 그러나 제조오차 등에 의해 조도분포의 균일성이 얻어지지 않은 경우는 조도분포를 균일화하기 위한 조정이 필요하게 된다. 이 조정시에 다용되는 것이 콘덴서 광학계이다.

일반적으로, 콘덴서 광학계는 다수의 렌즈로 이루어지고, 그 중 적어도 하나의 렌즈를 광축방향을 따라 이동시키면, 그 이동방향 및 이동량에 의존해서 피조사면에서의 조도분포가 변화한다. 다시 말하면, 콘덴서 광학계를 구성하는 다수의 렌즈중 적어도 하나의 렌즈의 이동방향 및 이동량을 적의 제어하므로서 조도분포의 균일성을 용이하게 높일 수 있다.

본 발명의 실시예를 첨부도면에 의거 설명한다.

도 1은 본 발명의 제1실시형태에 관계된 조명광학장치를 갖춘 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

도시한 장지는 평행빔을 공급하는 광원 1을 갖추고 있다. 광원 1로부터의 평행빔은 예를 들면 플라이어렌즈와 같은 광학적분기 2에 입사한다. 광학적분기 2에 입사한 빔은 광학적분기 2를 구성하는 다수의 렌즈엘리먼트에 의해 2차원적으로 분할되고, 그 후측 초점위치에 다수의 광원상 즉 이차광원을 형성한다. 이렇게 광학적분기 2는 광원 1로부터의 빔에 의거해 다수의 이차광원을 형성하기 위한 다광원 형성수단을 구성하고 있다.

다수의 광원상으로부터의 빛은 가변구경을 갖는 구경조리개 3으로 제한된 후, 다수의 렌즈로 이루어진 콘덴서 광학계 4에 입사한다. 콘덴서 광학계 4를 개재시킨 광은 소정의 패턴이 형성된 마스크 5를 중첩적으로 조명한다.

마스크 5를 투과한 빛은 투영광학계 6을 통해 그 상면에 위치결정된 웨이퍼 7에 달한다. 이렇게 해서 감광기판인 웨이퍼 7 상에는 마스크 5의 패턴이 전사된다.

이렇게 광원 1, 광학적분기 2, 구경조리개 3 및 콘덴서광학계 4가 마스크를 조명하기 위한 조명광학장치를 구성하고 있다.

도 2 내지 도 5는 구경조리개 3의 구경형상의 변화에 따른 조도분포의 변동을 보정하는 동작을 설명하는 도면이다.

도 2 내지 도 5에서 구경조리개 3은 소망의 조명조건을 얻기 위해 변경계 8에 의해 구경형상이 변경 가능하고, 광학적 분기 2를 개재시켜 형성된 이차광원으로부터의 빛을 소망의 형상으로 제한한다. 또, 구경조리개 3은 콘덴서 광학계 4에 의해 투영광학계 6의 동공면과 광학적으로 공역이 되고 있다. 따라서, 구경조리개 3의 구경형상(가변구경의 형상 또는 크기)을 변화시킴으로써 투영광학계 6의 동공면에서의 조명광속의 범위를 임의로 변경할 수 있다.

또, 도 2 내지 도 5에서는 구경조리개 3의 구경형상의 변화에 따라 콘덴서 광학계 4를 구성하는 다수의 렌즈중 렌즈 4a를 이동계 9에 의해 소정위치로 광축을 따라 이동시킨다. 이 렌즈 4a의 이동에 의해 웨이퍼상의 조도분포를 변화시키고, 조도의 불규칙을 최소로 할 수 있다.

그러나, 렌즈 4a의 이동에 수반해 콘덴서 광학계의 조점거리의 변화나 텔레비센트리시티의 변동이 발생한다. 이 때문에 구경조리개 3의 구경형상을 변경하기전과 거의 같은 광학상태를 유지하고 또 조도분포에 대해 소망의 균일성을 얻으려면 렌즈 4a의 이동에 의한 변화를 받지 않도록 렌즈계를 구성함과 동시에, 렌즈 4a의 이동에 의한 변화의 보정을 용이하게 할 수 있도록 렌즈계를 구성하는 것이 필요하다.

도 2에서 구경조리개 3은, 도 6B에 나타낸 바와 같이, 구경지름이 중정도의 원형상 구경부 16b를 갖는 것으로 한다. 그리고, 웨이퍼 7상에서의 조도분포는 제7도 (B)에 나타낸 바와 같이, 투영광학계 6의 투영영역에서 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 거의 균일하게 조정되어 있는 것으로 한다.

이하, 도 2의 상태를 기준상태로 해서 구경조리개 3의 구경형상을 도 6C, 6A 및 6D에 나타낸 바와 같이 변화시킨 경우의 조도분포의 보정동작을 각각 도 3 내지 도 5를 참조해서 설명한다.

도 3에서는 구경조리개 3의 구경지름이 작아지도록 구경형상을 도 6C에 나타낸 바와 같이 변화시키고 있다. 따라서 도 7C에 나타낸 바와 같이, 구경형상의 변화에 의해 웨이퍼 7상에서의 조도분포가 변동하고, 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 조도가 서서히 증대하는 조도분포가 얻어진다.

또, 콘덴서 광학계 4의 렌즈 4a는 광학적분기측으로 이동하므로써 중앙부로부터 주변부를 향해 조도를 감소시키는 작용을 가지고, 마스크측으로 이동함으로써 중앙부로부터 주변부를 향해 조도를 증대시키는 작용을 갖도록 구성되어 있다.

따라서, 도 3에서는 이동계 9를 개재시켜 콘덴서광학계 4의 렌즈 4a를 광축을 따라 광학적분기 2측으로 소정량만큼 이동시킴으로써 구경형상의 변화에 의한 조도분포의 변동을 보정하고 있다. 그 결과, 웨이퍼 7상에서는 구경형상의 변화에 의존하지 않고, 거의 균일한 조도분포가 유지된다.

도 4에서는 구경조리개 3의 구경지름이 커지도록 구경형상을 도 6A에 나타낸 바와 같이 변화시키고 있다. 따라서 도 7A에 나타낸 바와 같이 구경형상의 변화에 의해 웨이퍼 7에서의 조도분포가 변동하고, 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 조도가 서서히 감소하는 조도분포가 얻어진다.

따라서, 도 4에서는 이동계 9를 개재시켜 콘덴서광학계 4의 렌즈 4a를 광축을 따라 마스크측에 소정량만큼 이동시킴으로써 구경형상의 변화에 의한 조도분포의 변동을 보정하고 있다. 그 결과, 웨이퍼 7상에서는 구경형상의 변화에 의존하는 일 없이 거의 균일한 조도분포가 유지된다.

도 5에서는 구경조리개 3의 구경형상을 도 6D에 나타낸 바와 같이 띠모양으로 변화시키고 있다. 따라서 도 8A에 나타낸 바와 같이, 구경형상의 변화에 의해 웨이퍼 7상에서의 조도분포가 변동하고, 중앙부로부터 주변부에 걸쳐 조도가 서서히 감소하는 조도분포가 얻어진다.

따라서, 도 5에서는 도 4의 경우와 같이, 이동계 9를 개재시켜 콘덴서 광학계 4의 렌즈 4a를 광축을 따라 마스크측으로 소정량만큼 이동시킴으로써 구경형상의 변화에 의한 조도분포의 변동을 보정하고 있다. 그 결과, 웨이퍼 7상에서는 구경형상의 변화에 의존하지 않고 거의 균일한 조도분포가 유지된다.

또, 상술한 실시예에서는 구경조리개의 가변구경의 형상 또는 크기를 변화시킴으로써 이차광원의 형상 또는 크기를 변경하고 있다. 그러나 특개평 4-225514호 공보에 개시되어 있듯, 4개의 편심광원의 크기를 변화시키거나, 플라이어 렌즈의 형상이나 조합을 적의 변화시키거나 해서 이차광원의 형상 또는 크기를 변경할 수 있다. 본 발명은, 그 변경방법에 의존하지 않고 이차광원의 형상 또는 크기의 변경에 따른 조도분포의 변동의 보정에 대해 유효하다.

또, 상술한 실시예에서는 조명광학장치를 갖춘 투영노광장치를 예로 들려 본 발명을 설명했지만, 근접방식의 노광장치나 마스크 이외의 피조사면을 균일조명하기 위한 일반적인 조명광학장치에 본 발명을 적용할 수 있다.

또, 상술한 실시예에서는 콘덴서 광학계를 구성하는 하나의 렌즈를 광축을 따라 이동시키고 있다. 그러나 콘덴서 광학계를 구성하는 다수의 렌즈를 이동시켜도 좋다.

또, 피조사면에서 비대칭인 조도불규칙이 발생한 경우는 렌즈 또는 렌즈군을 광축직교방향으로 이동시키거나 광축에 대해 경사지게 해 비대칭의 조도불규칙성분을 보정할 수 있다.

또, 본 발명에서는 예를 들면 콘덴서 광학계의 제1부분을 구성하는 제1광학계를 광축을 따라 이동시키므

로써, 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 발생하는 조도불규칙을 보정한다. 그리고, 이 조도불규칙의 보정에 기인해서 발생하는 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화와 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화중 적어도 한쪽의 변화를 보정한다. 구체적으로는 제1광학계와는 다른 콘덴서 광학계의 제2부분을 구성하는 제2광학계의 초점거리를 변경하므로써, 예를 들면 제1광학계 대신에 초점거리가 다른 백포커스의 변화를 보정한다. 또, 제1광학계 및 제2광학계의 백포커스의 변화를 보정한다. 또, 제1광학계 및 제2광학계와는 다른 콘덴서 광학계의 제3부분을 구성하는 광학부재의 광학적 광행으로 길이를 변경함으로써 예를 들면 광학부재 대신에 두께가 다른 광행로 길이 보정광학부재를 조명 광행로내에 설정함으로써 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정한다.

이렇게 본 발명에서는 종래 기술과 같이 가동렌즈군과는 다른 렌즈군을 광축방향으로 이동시키지 않고, 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 광학계나 광학부재를 교환하는 것 만으로 콘덴서 광학계의 백포커스나 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 수시 보정할 수 있다. 그 결과, 소망의 조명조건에 따라 다광원의 형상 또는 크기를 변경하더라도 간소한 조정기구에 의해 콘덴서 광학계의 백포커스나 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 수시 보정함과 함께, 피조사면에서의 형상 균일한 조도분포를 얻을 수 있다. 따라서, 본 발명의 조명광학장치를 노광장치에 조립해 넣은 경우, 감광성 기판상에서의 균일한 조도분포 및 노광광의 양호한 텔리센트리서티를 유지해서 고정도의 투영노광을 할 수 있다. 또, 본 발명의 조명광학장치를 이용해 피조사면상에 배치된 마스크의 패턴을 감광성 기판상에 노광하는 공정을 포함하는 반도체소자의 제조방법에서는, 감광성 기판상에서의 균일한 조도분포 및 노광광의 양호한 텔리센트리서티를 확보해서 고정도의 투영노광을 할 수 있으므로 양호한 반도체소자를 제조할 수 있다.

또, 본 발명에서는 콘덴서 광학계의 일부를 구성하고, 실질적으로 무굴절력의 광학부재의 광학적 광행로 길이를 변경하므로써 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화만을 보정할 수 있다. 구체적으로는 광학부재는 예를 들면 두께가 다른 다수의 평행평면판을 가지고, 다수의 평행평면판의 각각을 조명 광행로내에 설정 또는 조명 광행로로부터 물러나게 함으로써 광학부재의 광학적 광행로 길이를 변경한다. 혹은 광학부재는 예를 들면 한쌍의 편각프리즘을 갖고, 한쌍의 편각프리즘 중 적어도 한쪽의 편각프리즘을 광축으로 수직인 방향을 따라 이동시켜 광학부재의 광학적 광행로 길이를 변경한다. 이 경우, 콘덴서 광학계에서 무굴절력의 광학부재를 광학적분기 옆에 배치해서 콘덴서 광학계의 백포커스나 수차 등에 거의 영향을 주지 않고, 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화만 수시 보정할 수 있다.

본 발명의 다른 실시예를 첨부도면에 의거해 설명한다.

도 9는 본 발명의 제2실시예-제5실시예에 관계된 조명광학장치를 갖춘 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다. 또, 도 10은 본 발명의 제2실시예에 관계된 조명광학장치의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 9에서, 광원 1로부터 사출된 빛은 광학적분기 12에 입사하고, 그 후측 초점면에는 다수의 광원상으로 이루어진 다광원(이차광원)이 형성된다. 다광원으로부터의 빛은 광학적분기 12의 후측 초점면의 근방에 배치된 구경조리개 13을 통한 후 렌즈군 14 및 렌즈군 15로 이루어진 콘덴서 광학계에 입사한다. 구경조리개 3은 후술한 바와 같이, 소망의 조명조건에 따라 다광원의 형상 또는 크기를 소망의 형상 또는 크기로 변경하는 기능을 갖는다.

콘덴서 광학계 14, 15에 의해 집광된 빛은 콘덴서 광학계중에 배치된 레티클 블라인드 RB를 통해 마스크로서의 레티클 R을 중첩적으로 조명한다. 레티클 R에는 전사해야 할 패턴으로써 예를 들면 단자회로패턴이 형성되어 진다. 레티클 블라인드 RB는 피조사면인 레티클 R의 패턴면의 조명영역 즉 노광해야 할 패턴영역을 규정하는 기능을 갖는다. 레티클 R의 패턴을 투과한 빛은 투영광학계 16을 통해 감광성기판인 웨이퍼 2상에 결상한다. 이렇게 해서 웨이퍼 W의 각 노광영역에는 레티클 R의 패턴이 일괄적으로 투영노광(전사)된다.

도 10을 참조하면, 제3실시예의 조명광학장치에서 구경조리개 13은 터릿(회전판)상에서 원주형으로 형성된 형상 또는 크기가 다른 다수의 구경부를 갖는다. 구경조리개 13의 터릿의 회전은 변경제어계 20에 의해 제어되도록 구성되고 있다. 따라서, 변경제어계 20에 의해 구경조리개 13을 회전시켜 소망의 형상 또는 크기의 구경부를 조명 광행로내에 설정함으로써 광학적분기 2를 개재시켜 형성된 다광원의 형상 또는 크기를 소망의 형상으로 변경할 수 있다.

이렇게 구경조리개 13 및 변경제어계 20은 광학적분기 2에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 위한 변경수단을 구성하고 있다.

도 6A 내지 도 8B에서 설명한 바와 같이, 같은 조명광학장치에서 구경조리개의 구경부의 형상 또는 크기를 변경시키는 것 만으로 피조사면에서의 조도분포가 변동하고, 조도분포의 균일성을 손상시키는 일이 있다.

그래서, 제2실시예에서는 구경조리개 13의 구경부의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 발생하는 조도 불규칙을 보정하기 위한 수단을 갖추고 있다. 즉, 도 10에 나타낸 제2실시예의 조명광학장치에 있어, 콘덴서 광학계의 렌즈군 14은 구경조리개측으로부터 차례로, 렌즈 4A1과 렌즈 4B와 렌즈 4C로 구성되어 있다. 그리고, 렌즈군 4B는 광축방향으로 이동가능한 가동렌즈군이고, 그 이동은 이동제어계 21에 의해 제어되도록 구성되어 있다. 따라서, 변경제어계 20과 연동하는 이동제어계 21에 의해 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 따라 렌즈군 14B를 이동시켜 피조사면인 레티클 R 상, 나아가서는 웨이퍼 W상에서의 조도 불규칙을 보정할 수 있다. 이렇게 이동제어계 21은 다광원의 형상 또는 크기의 반경에 기인해서 피조사면에서 발생하는 조도 불규칙을 보정하기 위한 제1조정수단을 구성하고 있다. 이때, 조도불규칙의 보정을 위한 렌즈군 4B의 이동에 의해 조명광학장치의 광학특성이 변화한다. 여기서, 광학특성이란, 콘덴서 광학계의 백포커스, 피조사면(레티클 R상 또는 웨이퍼 W상)에서의 조명광의 텔레센트리서티, 구경수, 조명범위, 광원분포, 수차 등을 포함하는 모든 특성이다.

이하, 도 13 내지 도 16을 참조해서 조도 불규칙의 보정을 위한 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생하는 광학특성의 변화중 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화의 보정이 특히 중요함을 설명한다.

도 13에서, 렌즈군 14의 후측 초점이 레티클 블라인드 RB상에 위치하도록 렌즈군 14의 백포커스가 조정되어 있는 경우, 제14도에 나타낸 바와 같이 레티클 블라인드 RB상의 강도분포는 사각형상이 되고, 전범위에 걸쳐 균일하게 된다.

그러나, 조도불규칙의 보정을 위한 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 렌즈군 14의 백포커스가 변화하면, 도 15에 나타낸 바와 같이 렌즈군 14의 후측초점이 레티클 블라인드 RB로부터 위치가 벗어난다. 그 결과, 도 16에 나타낸 바와 같이 레티클 블라인드 RB 상의 강도분포에서 사각형상의 각 부분이 둉굴게 되어 불균일하게 된다. 레티클 블라인드 RB상의 강도분포의 불균일성은 레티클 R상의 조도분포에서는 웨이퍼W상의 조도분포에 반영된다. 이렇게 조도불규칙의 보정을 위한 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생하는 광학특성의 변화중 백포커스의 변화의 보정이 특히 중요함을 알 수 있다.

그래서, 제2실시예의 조명광학장치는 초점거리가 다른 다수의 보정렌즈를 갖고 또 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 렌즈14A1를 다수의 보정렌즈중 소정보정렌즈와 교차하기 위한 교환계 22를 갖추고 있다. 또, 교환계 22는 변경제어계 20 및 이동제어계 21과 연동하도록 구성되어 있다. 따라서, 교환계 22에 의해 렌즈 14A1을 초점거리가 다른 적당한 보정렌즈와 교환함으로써 가동렌즈 14B의 이동에 기인해서 발생한 백포커스의 변화를 보정하고, 레티클 블라인드 RB 상에서의 강도 분포를, 나아가서는 레티클 R상 또는 웨이퍼 W 상의 조도분포를 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기전과 거의 같은 상태로 되돌릴 수 있다. 이렇게 교환계 22는 렌즈 14A1과는 다른 초점거리를 갖는 다수의 보정렌즈를 가지고, 또 상기 다수의 보정렌즈중 하나의 보정렌즈를 렌즈 14A1 대신에 조명 광행로내에 설정하기 위한 교환수단을 구성하고 있다.

상술한 바와 같이, 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 따라 발생하는 조도불규칙을 보정하기 위해 가동렌즈 4B를 이동시키면, 가동렌즈군 4B의 이동에 기인해서 광학특성의 변화, 특히 콘덴서 광학계의 백포커스가 변화한다. 제2실시예에서는 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 렌즈 14A1을 초점거리가 다른 보정렌즈와 교환하는 것만으로 백포커스의 변화를 수시 보정할 수 있다. 그 결과, 소망의 조명조건에 따라 다광원의 형상 또는 크기를 변경하더라도 간소한 조정기구에 의해 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화를 수시 보정함과 함께, 레티클 R상 또는 웨이퍼 W상에서 항상 균일한 조도분포를 얻을 수 있다. 또, 제2실시예의 조명광학장치를 조립해 넣은 노광장치에서는 웨이퍼 W상에서 균일한 조도분포를 확보해서 고정도의 투영노광을 할 수 있다.

도 11은 본 발명의 제3실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

제3실시예는 제2실시예와 유사한 구성을 갖지만, 가동렌즈군 4B의 이동에 기인해서 발생하는 광학특성의 변화를 보정하기 위한 교환수단의 구성만이 제2실시예와 상위하다. 따라서, 도 11에서 제12도의 제2실시예의 구성요소와 같은 기능을 갖는 요소에는 도 10과 같이 참조부호를 붙인다. 이하, 제2실시예와의 상위점에 착안해서 제3실시예를 설명한다.

도 11에 나타낸 바와 같이, 제3실시예의 조명광학장치에서는 초점거리가 다른 다수의 보정렌즈가 원주상으로 배치된 터릿 14A2 가 설치되어 있다. 그리고, 변경제어계 20 및 이동제어계 21과 연동하는 교환제어계 23에 의해 터릿 14A2를 회전시킴으로써 소방의 보정렌즈를 조명광행로내에 설정할 수 있도록 구성되어 있다. 따라서, 제3실시예에 있어서도 교환제어계 23에 의해 터릿 14A2를 회전시켜 콘덴서 광학계의 일부를 구성하고 있던 렌즈를 초점거리가 다른 적당한 보정렌즈와 교환함으로서 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생한 백포커스의 변화를 보정하고, 레티클 블라인드 RB상에서의 강도분포를 나아가서는 레티클 R 상 및 웨이퍼 W상의 조도분포를 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 전과 거의 같은 상태로 되돌릴 수 있다.

도 12는 본 발명의 제4실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

도 4실시예는 제3실시예와 유사한 구성을 갖지만, 렌즈교환을 위한 터릿을 2조 갖추고 있는 점만이 제3실시예와 상위하다. 따라서, 도 12에서 도 11의 제3실시예의 구성요소와 같은 기능을 갖는 요소에는 도 11과 같이 참조부호를 붙인다. 이하, 제3실시예와의 상위점에 착안해서 제4실시예를 설명한다.

도 12에 나타낸 바와 같이, 제4실시예의 조명광학장치에서는 초점거리가 다른 다수의 제1보정렌즈가 원주상으로 배치된 제1터릿 14A3과, 초점거리가 다른 다수의 제2보정렌즈가 원주상으로 배치된 제2터릿 14A4 가 설치되어 있다. 그리고, 제1교환제어계 24에 의해 제1터릿 14A3을, 제2교환제어계 25에 의해 제2터릿 14A4를 각각 회전시켜 소망의 제1보정렌즈 및 제2보정렌즈를 투명광로행로내에 각각 설정할 수 있도록 설정할 수 있도록 구성되어 있다. 또, 제1교환제어계 24 및 제2교환제어계 25는 변경제어계 20 및 이동제어계 21과 연동하도록 구성되어 있다.

따라서, 제4실시예에서도, 제1터릿 14A3 및 제2터릿 14A4의 적어도 한쪽에서 콘덴서 광학계의 일부를 구성하고 있던 렌즈를 초점거리가 다른 또 다른 적당한 제1보정렌즈 또는 제2보정렌즈와 교환함으로써 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생한 백포커스의 변화를 보정하고, 레티클 블라인드 RB상에서의 강도분포를 나아가서는 레티클 R 및 웨이퍼 W상의 조도분포를 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기전과 거의 같은 상태로 되돌릴 수 있다.

또, 제4실시예의 경우, 예를 들면 제1터릿 14A3에 3개의 정렌즈를 배치하고, 제2터릿 14A4에 3개의 부렌즈를 배치하면, 합계 6개의 렌즈의 조합에 의해 하나의 터릿에 초점거리가 다른 9개의 렌즈를 배치하는 것과 등가가 된다. 따라서, 제3실시예보다도 적은 보정렌즈를 이용해 제3실시예보다도 높은 정도로 광학특성의 변화를 보정할 수 있다.

또, 도 12에 나타낸 제4실시예의 조명광학장치에 있어, 제1터릿 14A3에 두께가 다른 다수의 평행평면판을 원주상으로 배치하고, 제2터릿 14A4에 초점거리가 다른 다수의 보정렌즈를 원통상으로 배치할 수 있다. 이 경우 제2터릿 14A4에서 렌즈의 교환을 함으로써 백포커스의 변화를 보정하고, 제1터릿 14A3에서 평행평면판의 교환을 함으로써 텔레센트리서티의 변화를 보정할 수 있다. 마찬가지로, 제1터릿 14A3에 초점거리가 다른 다수의 보정렌즈를 원통상으로 배치하고, 제2터릿 14A4에 두께가 다른 다수의 평행평면판을 원통상으로 배치함으로써 백포커스의 변화 및 텔레센트리서티의 변화를 보정할 수 있다. 혹은 제1터릿 14A3 및 제2터릿 14A4에 초점거리 및 두께가 다른 수의 보정렌즈를 원통상으로 배치함으로써 백포커스의 변화

및 텔레센트리서티의 변화를 보정할 수 있다.

또, 도 11에 나타낸 제3실시예의 조명광학장치에 있어, 터릿 14A2에 두께가 다른 다수의 평행평면판을 원통상으로 배치하고, 터릿 14A2를 회전시켜 평행평면판의 교환을 함으로써 텔레센트리서티의 변화를 보정할 수 있다.

또, 제3실시예 및 제4실시예에서는 터릿의 회전에 의해 렌즈의 초점거리의 변경을 하고 있다. 그러나, 예를 들면 초점거리가 다른 다른 렌즈나 두께가 다른 다른 다수의 평행평면판을 횡일렬로 배치하고, 소위 슬라이드 방식에 의해 교환을 할 수도 있다.

또, 제4실시예에 있어, 터릿에 배치된 평행평면판을 광축에 대해 경사시킴으로써 경사 텔레센트리서티의 보정을 할 수 있다. 이 경우, 평행평면판을 터릿에 대해 경사시키는 기구를 터릿의 내부에 설치해도 좋다. 혹은, 평행평면판과 터릿을 일체적으로 경사시키는 기구를 터릿의 외부에 설치해도 좋다.

또, 제3실시예 및 제4실시예에서, 하나의 터릿에 있어 초점거리배치나 렌즈수, 및 터릿의 수 등을 구경조리개 3의 구경형상변화나 렌즈군 4B의 이동량 등에 따라 적의 선정되는 것이 바람직하다.

또, 제2실시예-제4실시예의 렌즈교환에 있어, 두께나 다른 적당한 보정렌즈와 교환함으로써 가동렌즈군 4B의 이동에 기인해서 발생한 텔레센트리서티의 보정을 할 수 있다.

도 22는 본 발명의 제5실시예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다.

제5실시예는 도 11에 나타난 제3실시예와 유사한 구성을 가지지만 터릿 14A2와 가동렌즈군 14B 사이에 부설된 광학부재 14A6의 광행로 길이변경에 의해 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정하고 있는 점만이 제2실시예와 상위하고 있다. 따라서, 도 22에 있어서, 도 11의 제3실시예의 구성요소와 같은 기능을 갖는 요소에는 제11도와 같은 참조부호를 붙인다. 이하, 제3실시예와의 상위점에 착안해서 제5실시예를 설명한다.

도 22에 나타난 바와 같이, 제5실시예의 조명광학장치에서는 콘덴서광학계의 백포커스의 변화를 보정하기 위한 터릿 14A2와 가동렌즈군 14B 사이에 한쌍의 평향평면판 14c 및 14d로 이루어진 전체로서의 무굴절력의 광학부재 14A6이 배치되어 있다. 또, 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티를 계측하기 위한 계측기 DET가 설치되고, 계측기 EDT의 출력은 광학부재 14A6을 구동하기 위한 제3이동제어계 27에 공급되도록 구성되어 있다. 그리고, 제3이동제어계 27은 계측기 DET의 계측결과에 의거해 한쌍의 평향평면판 14c 및 14d의 각각을 조명 광행로내에 설정 또는 조명 광행로로부터 물러나게 하므로서 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이를 변경한다. 제3이동제어계 27은 변경제어계 20, 이동제어계 21 및 교환제어계 23과 연동하도록 구성되어 있다.

이렇게 제3이동제어계 27은 실질적으로 굴절력을 갖지 않는 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이를 변경하기 위한 광행로 길이 변경수단을 구성하고 있다.

또, 설계기 DET는 예를 들면 나이프 엣지 검출법을 이용한 주지의 구성을 갖는 센서이다. 구체적으로는 특원평 8-67200호 명세서 및 도면에 개시되어 있듯, 투영광학계를 통해 나이프 엣지상에 투영된 마스크 패턴의 공간상과 나이프 엣지를 상대적으로 이동시키면서 공간상으로부터의 광을 수광센서로 수광하고, 공간상의 강도분포를 검출한다. 그리고, 검출한 공간상의 강도분포에 의거해 투영광학계의 광학특성을 예를 들면 피조사면(웨이퍼면)에서의 조명광의 텔레센트리서티 등을 계측할 수 있다.

또, 특개평 8-264432호 공보에 개시되어 있듯, ISS(imaging slit sensor)방식의 얼라이먼트 센서에 대해 ISS 기준마크의 Z 좌표를 순차 바꿈으로써 텔레센트리서티의 무너짐량을 계측할 수 있다.

이하, 도 23 내지 도 25를 참조해서 무굴절력의 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이의 변경에 의해 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정하는 원리를 설명한다.

도 23에서는 예를 들면 조도불규칙의 보정을 위한 가동렌즈군 14B의 이동에 의해 구경조리개 13의 위치가 렌즈군 14의 앞쪽 초점위치 F로부터 광학적분기축(도면좌축)으로 벗어나 있다. 그 결과, 렌즈군 14로부터 사출된 주광선 a가 광축과 평행하게 되지 않고, 렌즈군 14의 사출축의 텔레센트리서티가 나아가서는 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티가 변화한다.

도 24는 구경조리개 13과 렌즈군 14 사이의 광행로중에 평행평면판 14c를 삽입한 상태를 나타내고 있다. 도 24에 나타난 바와 같이, 구경조리개 13과 렌즈군 14 사이에 평행평면판 14c를 삽입하면, 렌즈군 14의 입사동공의 위치 A(즉 구경조리개 13의 위치)가 겉보기상 위치 B로 이동한다. 이 경우, 평행평면판 14c의 두께를 d1으로 하고, 평행평면판 14c의 굴절률은 n1으로 하면 동공위치 A와 겉보기의 동공위치 B의 축상거리 x1은 다음 식(1)로 표시된다.

$$x_1 = d_1 - d_1/n_1$$

이렇게 구경조리개 13과 렌즈군 14 사이의 조명광행로내에 평행평면판 14c를 설정하거나 조명광행로로부터 물러나게 하면, 평행평면판 14c의 굴절률 및 두께에 따라 렌즈군 14의 겉보기의 동공위치 B가 광축을 따라 이동한다. 따라서, 적당한 굴절률 및 두께를 갖는 평행평면판 14c를 조명광행로내에 설정하거나 조명광행로로부터 물러나게 하므로서 렌즈군 14의 겉보기의 동공위치 B와 렌즈군 14의 앞쪽초점위치 F를 거의 일치시킬 수 있다. 그 결과, 렌즈군 14로부터의 사출된 주광선 a가 광축과 거의 평행하게 되고, 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정할 수 있다.

한편, 도 25는 구경조리개 13과 렌즈군 14 사이의 광행로중에 평행평면판 14c에 덧붙여 하나의 평행평면판 14d를 삽입한 상태를 나타내고 있다. 도 15에서는 렌즈군 14의 동공위치, A는 겉보기 위치 C로 이동한다. 이 경우, 평행평면판 14d의 두께를 d2로 하고, 평행평면판 14d의 굴절률을 n2로 하면, 동공위치 A와 겉보기의 동공위치 C의 축상거리 ×2는 다음 식(2)로 나타난다.

$$x_2 = d_1 - d_1/n_1 + d_2 - d_2/n_2 \quad (2)$$

이렇게 조명광행로에 대해 삼탈자재인 두개의 평행평면판의 조합에 의해 두개의 평행평면판 14c 및 14d를 함께 조명광행로내에 설정한 제1상태와, 평행평면판 14c를 조명광행로내에 설정하고 평행평면판 14d를 조명광행로로부터 물러나게 한 제2상태와, 평행평면판 14d를 조명광행로내에 설정하고 평행평면판 14c를 조명광행로로부터 물러나게한 제3상태와, 두개의 평행평면판 14c 및 14d를 함께 조명광행로로부터 물러나게한 제4상태를 실현하고, 각 상태에 따라 렌즈군 14의 결보기의 동공위치를 4대로 변화시킬 수 있다. 그 결과, 광행로에 대한 하나의 평행평면판의 삼탈에 의한 방법보다도 용이하게 피조사면에서의 조명광의 텔레트리시티의 변화를 양호하게 보정할 수 있다.

일반적으로, 광학부재 14A6에 서로 두께가 다른 n개의 평행평면판을 이용하는 경우, 각 평행평면판을 조명광행로내에 설정 또는 조명 광행로로부터 물러나게 함으로써 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이를 2^n 대로 변화시킬 수 있다. 여기서, 굴절률이 서로 같고 또 서로 두께가 다른 n개의 평행평면판을 이용해, 가장 얇은 평행평면판의 두께를 d로 하면, 각 평행평면판의 두께가 d, 2d, 2^2 , ..., $2^{n-1}d$ 가 되도록 구성하는 것이 바람직하다. 이 경우에는 각 평행평면판을 조명광행로내에 설정 또는 조명광행로로부터 물러나게 하므로 조명 광행로내에 설정된 평행평면판의 총 두께를 0, d, 2d, ..., $(2^n-1)d$ 의 2^n 대로 연속적으로 변화시킬 수 있다. 그 결과, 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이를 2^n 대로 연속적으로 변화시킬 수 있으므로 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 더욱 고정도로 보정할 수 있다.

이렇게 제5실시예에서는 계측기 DET로부터의 텔레센트리서티의 계측결과에 의거해서 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이를 적의 변경하므로써 가동렌즈부 14B의 이동에 기인해서 발생한 텔레센트리서티의 변화를 양호하게 보정함과 함께, 레티클 R상 및 웨이퍼 W상에서 균일한 조도분포를 얻을 수 있다.

또, 콘덴서 광학계중에 광학부재 14A6이 설치되어 있는 경우, 광학부재 14A6은 광학적분기에 비교적 가까우므로 광학부재 14A6의 광학적 광행로 길이의 변경에 의해 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 유효하게 보정할 수 있다. 특히, 제23도 내지 제25도 나타낸 바와 같이 광학부재 14A6을 콘덴서 광학계의 가장 광학적분기축에 설치하는 경우, 터릿 14A2의 작용에 의해 백포커스를 보정한 후에 광학부재 14A6의 작용에 의해 텔레센트리서티의 변화를 보정하더라도 콘덴서 광학계의 동공위치가 변화하는 것만으로 콘덴서 광학계의 백포커스나 수차 등에 거의 영향을 미치지 않고, 피조사면에서의 조명광의 텔리센트리서티의 변화만을 보정할 수 있다. 따라서, 도 22에 나타낸 바와 같이 광학부재 14A6을 콘덴서 광학계중에 설정하는 경우는 가능한 광학적분기에 가까운 위치에 광학부재 14A6을 설정하는 것이 바람직하다.

도 26은 본 발명의 제5실시예의 변형예에 관계된 조명광학장치의 요부의 구성을 개략적으로 나타낸 도면이다.

변형예에서는 한쌍의 편각 프리즘으로 이루어진 광학부재의 광행로 길이 변경에 의해 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정하고 있는 점만이 제5실시예와 기본적으로 상이하다. 따라서, 도 26에서 도 22의 제5실시예의 구성요소와 같은 기능을 갖는 요소에는 도 22와 같이 참조부호를 붙이고 있다. 이하, 제5실시예와의 상위점에 착목해서 변형예를 설명한다.

도 26에서, 변형예의 조명광학장치에서는 구형조리개 13과 가동렌즈군 14B 사이에 한쌍의 편각 프리즘(쐐기형 프리즘) 14A5가 전체로써 무굴절력이 되도록 배치되어 있다. 즉, 구경조리개축(도면중 좌측)에 배치된 편각 프리즘 14a의 정각과는 서로 같다. 또, 편각 프리즘 14a의 구경조리개축의 면 및 편각 프리즘 14b의 피조사면축의 면은 함께 광축에 대하 수직이고, 편각 프리즘 14a의 피조사면축의 면과 편각 프리즘 14b의 구경조리개축의 면과는 서로 평행이다. 그리고, 제2이동제어계 26에 의해 편각프리즘 14b를 광축과 수직인 방향으로 이동시킴으로써 한쌍의 편각프리즘 14A5의 광학적 광행로 길이를 변경할 수 있도록 구성되어 있다. 또, 제2이동제어계 26은 변경제어계 20 및 이동제어계 21과 연동되도록 구성되어 있다.

이렇게 제2이동제어계 26은 한쌍의 편각프리즘 14A5의 광학적 광행로 길이를 변경하기 위한 광행로 길이 변경수단을 구성하고 있다.

따라서, 변형예의 있어서는 다광원의 형상 또는 크기의 변화에 따라 제2이동제어계 26에 의해 편각프리즘 14b를 광축과 수직인 방향으로 이동시켜 한쌍의 편각 프리즘 14A5의 광학적 광행로 길이를 변경함으로써 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생한 텔레센트리서티의 변화를 보정함과 함께 레티클 R상 및 웨이퍼 W상에서 균일한 조도분포를 얻을 수 있다. 또, 제5실시예와 같이 한쌍의 편각프리즘 14A5의 광학적 광행로 길이를 변경함으로써 콘덴서 광학계의 백포커스나 수차 등에 그다지 영향을 받지않고 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화만을 보정할 수 있다.

또, 변형예에서 편각프리즘 14b만을 광축과 수직인 방향으로 이동시키고 있으나 편각프리즘 14a만을 광축과 수직인 방향으로 이동시켜도 좋고, 편각프리즘 14a와 편각 프리즘 14b를 반대방향에 이동시켜도 좋다.

또, 제2실시예-제5실시예 및 변형예에서, 광학적분기 12의 광원측에 터릿을 설치하고, 이 터릿상에 강도분포불규칙 등의 광학특성의 변화를 보정하기 위한 다수의 필터를 원주상으로 배치해도 좋다. 이 경우 구경조리개 13의 구경형상의 변경(즉 다광원의 형상 또는 크기의 변경)과 연동시켜 터릿상의 적당한 필터를 조명광행로내에 설정하므로써 광축에 관해 회전대칭인 조도불규칙뿐 아니라 회전비대칭인 경사불규칙 등의 광학특성의 변화에 대해서도 대응할 수 있다.

이어, 마스크와 웨이퍼를 상대 이동시키면서 웨이퍼의 각 노광영역에 마스크 패턴을 스캔노광한다. 소위 스캔노광형의 노광장치에 본 발명의 조명광학장치를 적용한 경우에 대해 설명한다.

도 7는 본 발명의 제3실시예에 관계된 조명광학장치를 조립해 넓은 스캔노광형의 노광장치의 구성을 개략적으로 나타낸 사시도이다. 도 7의 예에서는 제1광학적분기의 광원측에 제2광학적분기를 설치한 예를 나타내고 있다.

도시한 노광장치에서 예를 들면 레이저 광원과 같은 광원 11로부터의 조명광은 렌즈군 17를 개재시켜 제1광학적분기 18에 입사한다. 제2광학적분기 18에 입사한 빛은 다수의 렌즈 웰리먼트에 의해 이차원적으로 분할되고, 그 후측 초점면에 다수의 광원상으로 이루어진 이차광원을 형성한다.

제2광학 적분기 18에 의해 형성된 이차광원으로부터의 빛은 렌즈군 19에 의해 평행빔으로 변환된 후, 광학적분기 12의 입사면을 중첩적으로 조명한다. 광학적분기 12에 입사한 평행빔은 다수의 렌즈 엘리먼트에 의해 분할되고, 그 후측 초점면에는 제2광학적분기 18의 렌즈 엘리먼트의 수와 광학적분기 12의 렌즈 엘리먼트의 수의 곱에 같은 수의 광원상으로 이루어진 다광원(3차광원)이 형성된다.

광학적분기 12에 의해 형성된 다광원으로부터의 광은 그 후측 초점면의 배치된 구경조리개 13으로 제어된 후 콘덴서 광학계에 입사한다.

콘덴서 광학계에 입사한 빛은 터릿 14A2의 렌즈, 가동렌즈군 14B 및 렌즈군 14C를 개재시켜 집광되고, 구형상의 구경부를 갖는 고정슬릿 S에 의해 제한된 후, 레티클 블라인드 RB에 입사한다. 레티클 블라인드 RB를 통과한 광은 밀려 M에 의해 편향된 후, 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 렌즈군 15를 개재해서 전사할 회로패턴이 형성된 레티클 R을 중첩적으로 조명하다. 레티클 R의 패턴을 투과한 빛은 투영광학계 16을 통해서 감광성 기판인 웨이퍼 W상에 결상한다.

또, 레티클 R은 투영광학계 16의 광축에 수직인 면내에서 화살표 R1으로 표시된 방향을 따라 이동가능한 레티클 블라인트 RS상에 유지되고 있다. 한편, 웨이퍼 W는 투영광학계 16의 광축에 수직인 면내에서 이차원적으로 이동가능한 웨이퍼 스테이지 WS상에 유지되고 있다. 따라서, 레티클 스테이지 RS를 화살표 R1으로 나타낸 방향으로 이동시킴과 함께 웨이퍼 스테이지 WS를 화살표 W1으로 나타낸 방향으로 이동시키면서, 즉 레티클 R과 웨이퍼 W를 반대방향으로 상대이동시키면서 스캔노광을 하므로써 웨이퍼 W의 각 노광영역에 레티클 R의 패턴을 전사할 수 있다.

도 17에 나타낸 바와 같이, 스캔노광형의 노광장치에서는 다이나믹한 노광량 불규칙을 저감하기 위해 레티클 블라인드 RB로부터 광원축으로 약간 간격을 넓힌 위치에 고정슬릿 S를 배치하고 있다. 상술한 각 실시예와 같이 고정슬릿 S가 배치되어 있지 않은 경우와 스캔노광에서 고정슬릿 S가 배치되어 있는 경우는 레티클 블라인드 RB상에서 강도분포에 대한 백포커스의 변화의 영향이 다르다. 이하, 도 18 내지 도 21을 참조하고, 고정슬릿 S가 배치되어 있는 경우에 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생하는 백포커스의 변화가 레티클 블라인드 RB상에서의 강도분포에 대해 미치는 영향에 대해 설명한다.

도 18에서, 렌즈군 14의 후측 초점이 레티클 블라인드 RB상에 위치하도록 렌즈군 14의 백포커스가 조정되어 있는 경우, 도 18에 나타낸 바와 같이 레티클 블라인드 RB상의 강도분포는 고정슬릿 S에 의해 제한되고, 스캔노광에 적합한 대형상이 된다.

그러나, 조도불규칙의 보정을 위한 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 렌즈군 14의 백포커스가 변화하면 도 20에 나타난 바와 같이 렌즈군 14의 후측 초점이 레티클 블라인드 RB로부터 위치가 벗어난다. 그 결과, 도 21에 나타난 바와 같이 같은 레티클 블라인드 RB상의 강도분포에 있어 대형상의 각부분이 둥글게 되어 불균일하게 된다. 이러한 레티클 블라인드 RB상의 강도분포의 불균일성은 레티클 R상 및 웨이퍼 W상의 조도분포에 반영된다.

도 18에 나타난 스캔노광형의 노광장치에서는 터릿 14A2를 회전시켜 콘덴서의 광학계의 일부를 구성하고 있던 렌즈를 초점거리가 다른 또 하나의 적당한 보정렌즈와 교환하므로써 가동렌즈군 14B의 이동에 기인해서 발생한 백포커스의 변화를 보정하고, 레티클 블라인드 RB상에서의 강도분포를 나라가서는 레티클 R상 및 웨이퍼 2상의 조도분포를 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 전과 거의 같은 상태로 되돌릴 수 있다. 그 결과, 웨이퍼 W상에서의 균일한 조도분포를 확보하고, 고집적의 투영노광을 할 수 있다.

이상 각 실시예에 나타난 노광장치에 의해 레티클 R을 종래의 장치와 비교해 특별히 균일조명할 수 있으므로, 양호한 레티클 패턴을 투영광학계를 개재시켜 감광성 기판으로서의 웨이퍼 W로의 투영노광할 수 있다. 그리고, 제2실시예의 노광장치에 의한 노광의 공정(포토그래피공정)을 거친 웨이퍼는 현상하는 공정을 거치고나서 현상된 레지스트 이외의 부분을 제거하는 엣칭공정, 엣칭공정후 불필요한 레지스트를 제거하는 제거공정 등을 거쳐 웨이퍼 프로세스가 종료한다. 그리고, 웨이퍼 프로세스가 종료하면, 실제의 조립공정으로 납땜되어 붙여진 회로마다 웨이퍼를 절단해서 칩화하는 다이싱, 각 칩에 배선 등을 부여하는 본딩, 각 칩마다 패키징하는 패키징 등의 각 공정을 거쳐 최종적으로 소자로서의 반도체 장치(LSI 등)가 제조된다. 또, 이상에는 투영노광장치를 이용한 웨이퍼 프로세스에서의 포토그래피공정에 의해 반도체장치로써 액정표시소자, 박막자기헤드, 활상소자(CCD 등)를 제조할 수 있다.

이렇게 해서 본 발명의 조명광학장치를 이용해 반도체소자를 제조하는 경우, 감광성기판상에서의 균일한 조도분포 및 노광광의 양호한 텔레센트리서티를 확보해서 고정도의 투영노광을 할 수 있으므로 양호한 반도체소자를 제조할 수 있다.

또, 상술한 각 실시예에서는 구경조리개의 구경형상을 변화시키므로써 다광원의 형상 또는 크기를 변경하고 있다. 그러나, 특개평 4-225514호 공보에 개시되어 있듯, 4개의 편심광원의 크기를 변화시키거나, 광학적분기의 형상이나 조합을 적의 변화시키거나 해서 다광원의 형상 또는 크기를 변경할 수도 있다. 본 발명은 그 변경방법에 의존하는 일 없이 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 수반하는 조도분포의 변동의 보정에 대해 유효하다.

또, 상술한 각 실시예에서는 조명광학장치를 갖춘 투영노광장치를 예로 들어 본 발명을 설명했지만 근접방식의 노광장치나 마스크 이외의 피조사면을 균일 조명하기 위한 일반적인 조명광학장치에 본 발명을 적용할 수 있다.

또, 이상의 각 실시예에서는 광학적분기로서의 다수의 렌즈소자를 둑어 구성된 플라이어 렌즈로 구성한 예를 나타냈지만, 이 대신에 내면반사형의 로드형 광학부재를 이용할 수 있다.

또, 이상의 각 실시예에서는 광학적분기에 의해 형성된 다수의 광원상의 크기 또는 형상을 변경함에 따라 콘덴서 광학계를 구성하는 적어도 일부의 광학계를 광축방향으로 이동시키는 예를 나타냈지만, 본 발명은 이것에 한정되지 않고, 콘덴서 광학계를 구성하는 적어도 일부의 광학계를 터릿 등에 의해 다른 초점거리 를 갖는 광학계로 절환하는 것도 가능하다.

또, 이상의 각 실시예에서는 콘덴서 광학계의 구성을 간소화하기 위해 콘덴서 광학계를 구성하는 적어도

일부의 터릿 등에 의한 다른 초점거리를 갖는 광학계로 절환해서 콘덴서 광학계의 백포커스 등의 변동을 억누른 예를 나타냈지만, 콘덴서 광학계의 구성을 간소화할 필요가 없는 경우는 콘덴서 광학계의 초점거리를 연속적으로 변경할 수 있는 구성, 즉, 콘덴서 광학계의 줌렌즈화를 꾀해 콘덴서 광학계의 백포커스의 변동을 억누르는 구성으로도 좋다.

발명의 효과

이상 설명한 바와 같이, 본 발명의 조명광학장치 및 그 장치를 갖춘 노광장치에서는, 콘덴서 광학계를 구성하는 다수의 렌즈중 적어도 하나의 렌즈를 광축을 따라 이동시킴으로써 이차광원의 형상 또는 크기의 변동에 수반하는 조도분포의 변동을 보정할 수 있다.

또, 본 발명의 조명광학장치에서는 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 광학계나 광학부재를 교환하는 것만으로 콘덴서 광학계의 백포커스나 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 수시 보정할 수 있으므로 피조사면에서 항상 균일한 조도분포나 양호한 텔레센트리서티를 확보할 수 있다.

따라서, 본 발명의 조명광학장치를 조립해 넣은 노광장치에서는 감광성 기판상에서 균일한 조도분포 및 노광광의 양호한 텔레센트리서티를 확보해서 고정도의 투영노광을 할 수 있다. 또, 본 발명의 조명광학장치를 이용해 반도체소자를 제조하는 경우, 감광성 기판상에서 균일한 조도분포 및 노광광의 양호한 텔레센트리서티를 확보해서 고정도의 투영노광을 할 수 있으므로 양호한 반도체소자를 제조할 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

광원으로부터의 빔에 의거해 다수의 이차광원을 형성하는 다광원 형성수단과, 상기 다광원 형성수단에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 다광원의 크기를 변경하는 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 설정된 소정 형상 또는 소정의 크기를 갖는 다광원으로부터의 광원을 집광해서 피조사면을 중첩적으로 조명하는 콘덴서 광학계를 구비하고,

상기 피조사면에서의 조도분포가 거의 균일하게 되도록 상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 다광원의 크기의 변경에 따라 상기 콘덴서 광학계의 적어도 일부의 광학요소를 이동시키는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 다광원 형성수단은, 다수의 렌즈요소로 구성되는 광학적분기를 가지고,

상기 변경수단은 상기 광학적분기에 의해 형성된 이차광원을 소정 형상 또는 소정 크기로 설정하기 위한 가변구경을 갖는 가변구경조리개를 가지는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 3

소정 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명광학장치를 갖추고, 상기 마스크의 패턴상을 감광성 기판상에 형성하는 노광장치에 있어서,

상기 조명광학장치는 광원으로부터의 빔에 의거해 다수의 이차광원을 형성하는 다광원 형성수단과, 상기 다광원 형성수단에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 다광원의 크기를 변경하는 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 설정된 소정의 형상 또는 소정의 크기를 갖는 다광원으로부터의 빔을 집광해서 피조사면을 중첩적으로 조명하는 콘덴서 광학계를 가지고,

상기 피조사면에서의 조도분포가 거의 균일하게 되도록 상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 다광원의 크기의 변경에 따라 상기 콘덴서 광학계의 적어도 일부의 광학요소를 이동시키는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 다광원 형성수단은 다수의 렌즈요소로 구성되는 광학적 분기를 가지고,

상기 변경수단은 상기 광학적분기에 의해 형성되는 이차광원을 소정의 형상 또는 소정의 크기로 설정하기 위한 가변구경을 갖는 가변구경조리개를 갖는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 5

빔을 공급하기 위한 광원수단과, 상기 광원수단으로부터의 빔에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 다광원을 형성하기 위한 광학적분기와, 상기 광학적분기에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 위한 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 변경된 형상 또는 크기를 갖는 다광원으로부터의 빔을 집광해서 피조사면을 중첩적으로 조명하기 위한 콘덴서광학계를 구비하는 조명광학장치에 있어서,

상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 상기 피조사면에서 발생하는 조도불규칙을 보정하기 위한 제1보정수단과,

상기 제1보정수단의 보정작용에 기인해서 발생하는 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화와 상기 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화중 적어도 한쪽의 변화를 보정하기 위한 제2보정수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 제1보정수단은 상기 콘덴서 광학계의 제1부분을 구성하는 제1광학계를 상기 콘덴서

광학계의 광축을 따라 이동시켜 상기 조도불규칙을 보정하고,

상기 제2보정수단은 상기 제1광학계와는 다른 상기 콘덴서 광학계의 제2부분을 구성하는 제2광학계의 초점거리를 변경하므로써 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화를 보정하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제2보정수단은 상기 제2광학계와는 다른 초점거리를 갖는 다수의 백포커스 보정광학계를 자기고 또 상기 다수의 백포커스 보정광학계 중 하나의 백포커스 보정광학계를 상기 제2광학계 대신에 조명광행로내에 설정하기 위한 교환수단을 갖는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 교환수단은 상기 제2광학계의 일부를 구성하는 제1렌즈와는 다른 초점거리를 갖는 제1보정렌즈를 가지고 또 다수의 제1보정렌즈 중 하나의 제1보정렌즈를 상기 제1렌즈 대신에 조명광행로내에 설정하게 위한 제1교환부와, 상기 제1렌즈와는 다른 상기 제2광학계의 다른 일부를 구성하는 제2렌즈와는 다른 초점거리를 갖는 다수의 제2보정렌즈를 가지고 또 상기 다수의 제2보정렌즈중 하나의 제2보정렌즈를 상기 제2렌즈 대신에 조명광행로내에 설정하기 위한 제2교환부를 갖는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 9

제6항 내지 제8항 중 어느 하나에 있어서, 상기 제2보정수단은 상기 제1광학계 및 상기 제2광학계와는 다른 상기 콘덴서 광학계의 제3부분을 구성하는 광학부재의 광학적 광행로 길이를 변경하기 위한 광행로 길이 변경수단을 가지고, 상기 광행로 길이 변경수단에 의한 상기 광학부재의 광학적 광행로 길이의 변경에 의해 상기 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 광행로 길이 변경수단은 상기 광학부재와는 다른 두께를 갖는 다수의 광행로 길이 보정 광학부재를 가지고, 또 다수의 광행로길이 보정 광학부재중 하나의 광행로 보정 광학부재를 상기 광학부재 대신에 조명광행로내에 설정하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 광학부재는 실질적으로 굴절력을 갖지 않는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 광학부재는 조명광행로에 대해 삽탈자재로 형성된 적어도 하나의 평행평면판을 가지고,

상기 광행로 길이 변경수단은 상기 적어도 하나의 평행평면판의 각각을 조명 광행로 내에 설정 또는 조명 광행로로부터 물러나게 하는 것을 특징으로 하는 조명 광학장치.

청구항 13

제12항에 있어서, 상기 광학부재는 굴절율이 서로 같고 또 두께가 서로 다른 n개의 평행평면판을 가지고, 가장 얇은 평행평면판의 두께를 d로 하면 각 평행평면판의 두께는 $d, 2d, 2^2, \dots, 2^{n-1}$ 인 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 광학부재는 전체로서 무굴절력이 되도록 조명광행로내에 배치된 한쌍의 편각 프리즘을 갖고,

상기 광행로 길이 변경수단은 한쌍의 편각 프리즘중 적어도 한쪽의 편각 프리즘을 상기 콘덴서 광학계의 광축에 수직인 방향을 따라 이동시키는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 15

제5항에 있어서, 상기 제1보정수단은 상기 콘덴서 광학계의 제1부분을 구성하는 제1광학계를 상기 콘덴서 광학계의 광축을 따라 이동시켜 상기 조도불규칙을 보정하고,

상기 제2보정수단은 상기 제1광학계와는 다른 상기 콘덴서 광학계의 제2부분을 구성하는 제2광학계의 초점거리 및 제2광학계의 광학적 광행로 길이를 변경함으로써 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화 및 상기 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 16

제15항에 있어서, 상기 제2보정수단은 상기 제2광학계와는 다른 초점거리 및 광학적 광행로 길이를 갖는 다수의 보정 광학계를 갖고, 또 상기 다수의 보정광학계중 하나의 보정광학계를 상기 제2광학계 대신에 조명 광행로내에 설정하기 위한 교환수단을 갖는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 17

제15항에 있어서, 상기 교환수단은 상기 제2광학계의 일부를 구성하는 제1렌즈와는 다른 초점거리 및 광학적 광행로 길이를 갖는 다수의 제1보정렌즈를 갖고 또 상기 다수의 제1보정렌즈중 하나의 제1보정렌즈

를 상기 제1렌즈 대신에 조명 광행로내에 설정하기 위한 제1교환부와, 상기 제1렌즈와는 다른 상기 제2광학계의 다른 일부를 구성하는 제2렌즈와는 다른 초점거리 및 광학적 광행로 길이를 갖는 다수의 제2보정렌즈를 가지고, 또 상기 다수의 제2보정렌즈중 하나의 제2보정렌즈를 상기 제2렌즈 대신에 조명 광행로내에 설정하기 위한 제2교환부를 갖는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 18

제5항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 광학수단은 상기 광학적분기 사이에 상기 광원수단으로부터의 빔에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 다광원을 형성하기 위한 제2광학적분기가 설치되고,

상기 제2광학적분기에 의해 형성된 다광원으로부터의 빔을 상기 제2광원적분기보다도 피조사면측에 배치된 상기 광학적분기로 유도하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 19

제5항에 있어서, 상기 제2보정수단은 상기 콘덴서 광학계의 일부를 구성하는 광학부재의 광학적 광행로 길이를 변경하기 위한 광행로 길이 변경수단을 갖고, 상기 광행로 길이 변경수단에 의한 상기 광학부재의 광학적 광행로 길이의 변경에 의해 상기 피조사면에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화를 보정하는 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 20

제19항에 있어서, 상기 광학부재는 조명광로에 대해 삼탈자재로 형성된 적어도 한의 평행평면판을 갖고,

상기 광행로 길이 변경수단은 상기 적어도 하나의 평행평면판의 각각의 조명 광행로 내에 설정 또는 조명 광행로로부터 물러나게 하는 것을 특징으로 하는 조명 광학장치.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 광학부재는 굴절율이 서로 갖고 또 두께가 서로 다른 n개의 평행평면판을 가지고, 가장 얇은 평행평면판의 두께를 d로 하면, 각 평행평면판의 두께는 $d, 2d, 2^2, \dots, 2^{n-1}$ 인 것을 특징으로 하는 조명광학장치.

청구항 22

빔을 공급하기 위한 광원수단과, 상기 광원수단으로부터의 빔에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 광원을 형성하기 위한 광학적분기와, 상기 광학적분기에 의해 형성된 다광원의 형상 또는 크기를 변경하기 위한 변경수단과, 상기 변경수단에 의해 변경된 형상 또는 크기를 갖는 다광원으로부터의 빔을 집광해서 마스크를 중첩적으로 조명하기 위한 콘덴서 광학계와, 상기 마스크상의 패턴을 감광성 기판에 투영노광하기 위한 투영광학계를 갖춘 노광장치에 있어,

상기 변경수단에 의한 다광원의 형상 또는 크기의 변경에 기인해서 상기 마스크상 또는 상기 감광성 기판상에서 발생하는 조도불규칙을 보정하기 위한 제1보정수단과,

상기 제1보정수단의 보정작용에 기인해서 발생하는 상기 콘덴서 광학계의 백포커스의 변화와 상기 마스크상 또는 상기 감광성 기판상에서의 조명광의 텔레센트리서티의 변화중 적어도 한쪽의 변화를 보정하기 위한 제2보정수단을 갖춘 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 23

제22항에 있어서, 상기 광원수단과 상기 광학적분기 사이에 상기 광원수단으로부터의 빔에 의거해 다수의 광원상으로 이루어진 다광원을 형성하기 위한 제2광학적분기가 설치되고,

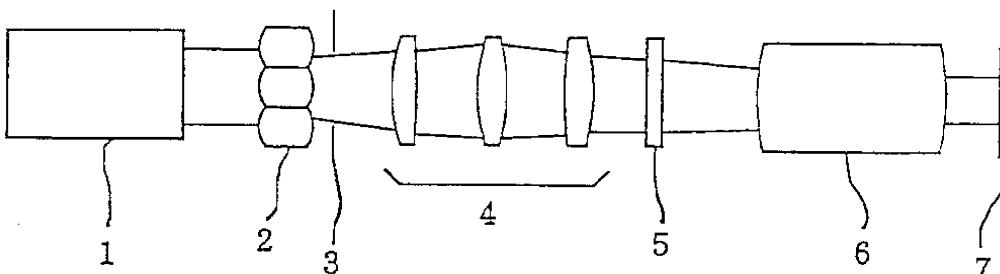
상기 제2광학적분기에 의해 형성된 다광원으로부터의 빔을 상기 제2광학적분기보다도 피조사면측에 배치된 상기 광학적분기로 유도하는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 24

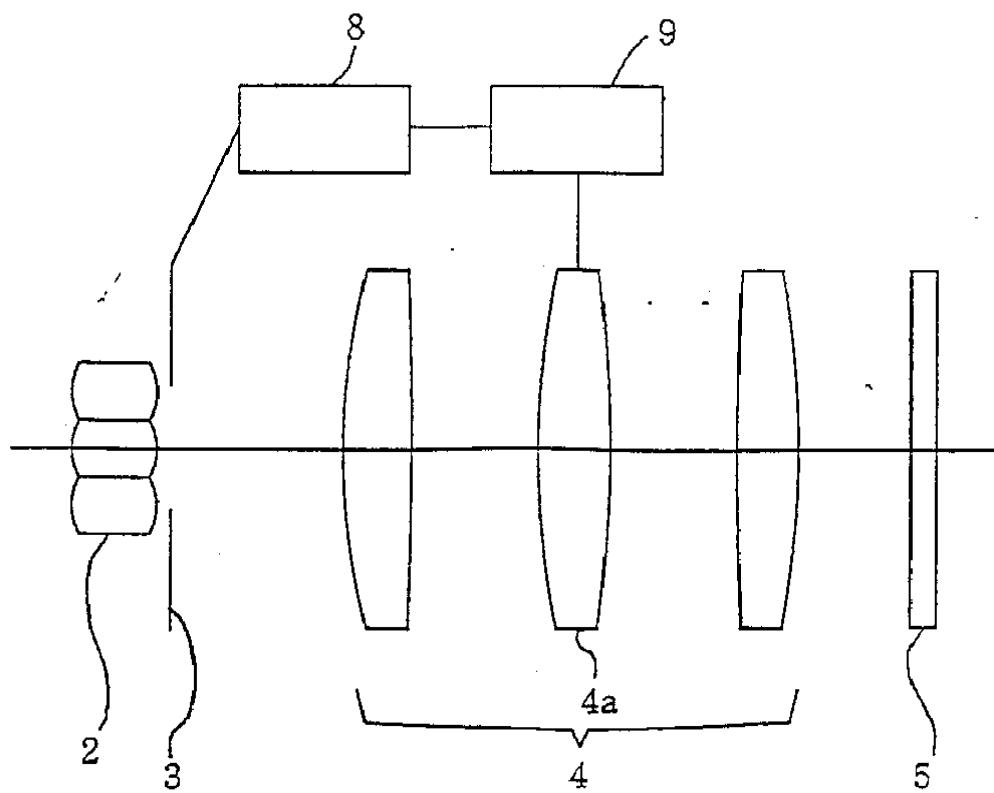
제1항, 제2항 또는 제5항 내지 제21항 중 어느 한 항에 기재된 조명 광학장치를 이용해 상기 피조사면상에 배치된 마스크의 패턴을 감광성 기판상에 노광하는 공정을 포함하는 반도체소자를 제조하는 방법.

도면

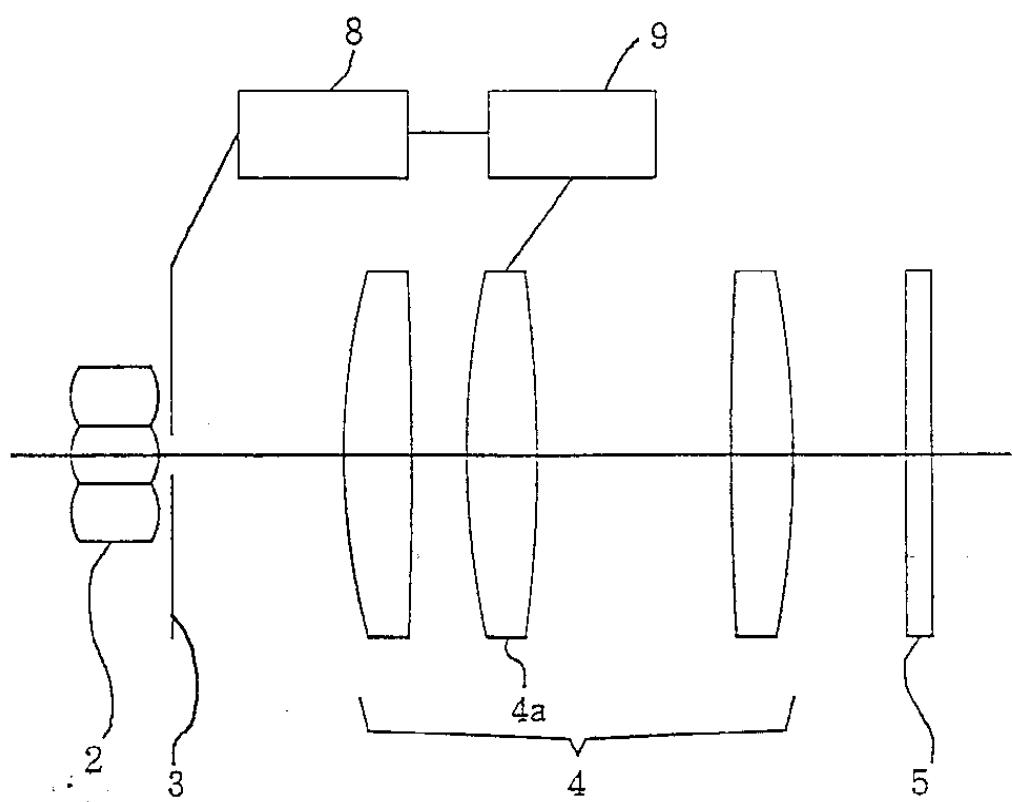
도면1



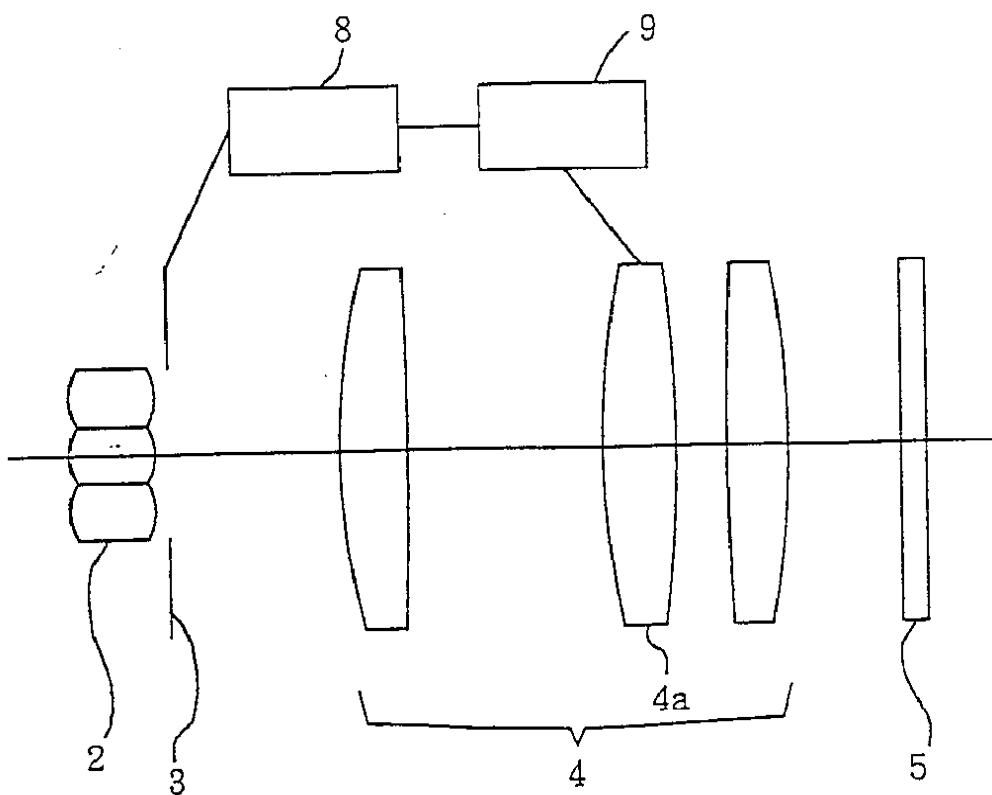
도면2



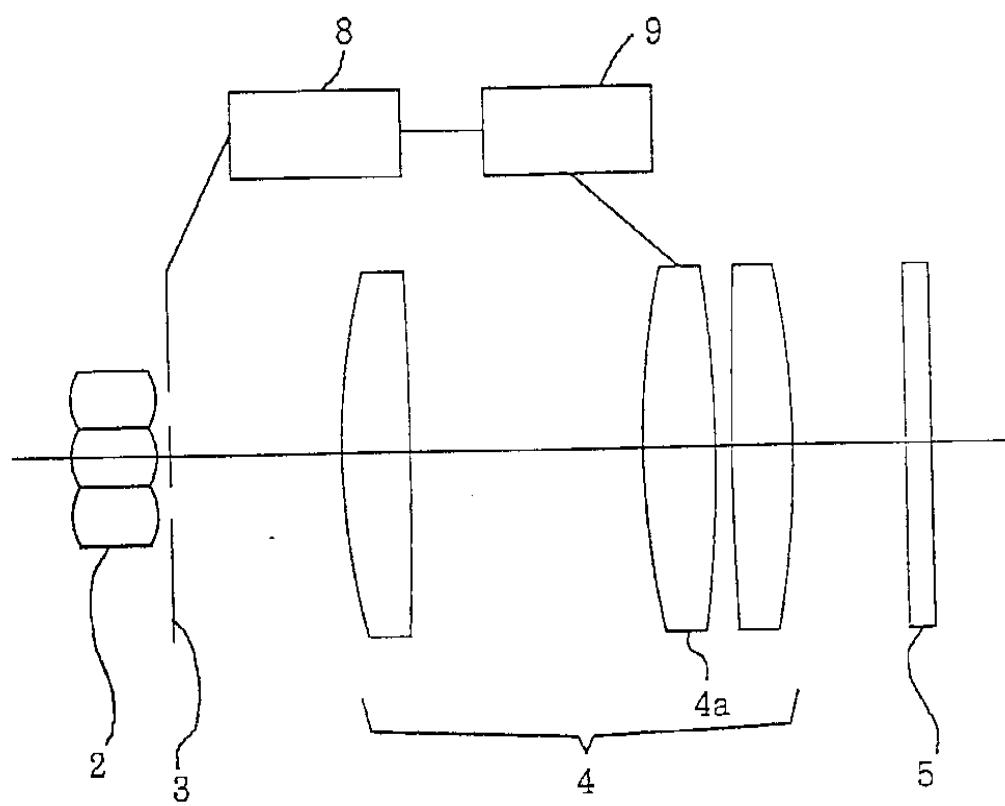
도면3



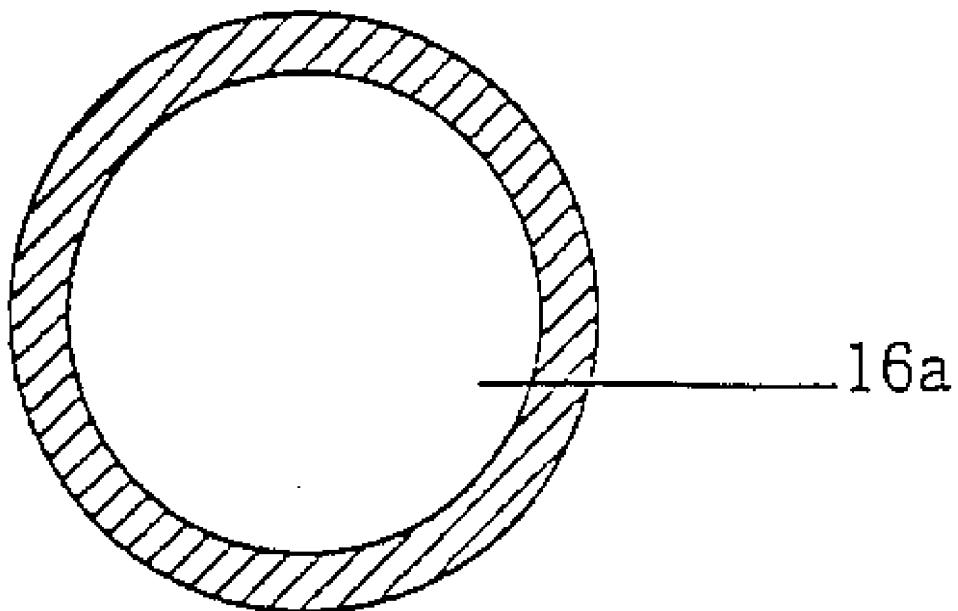
도면4



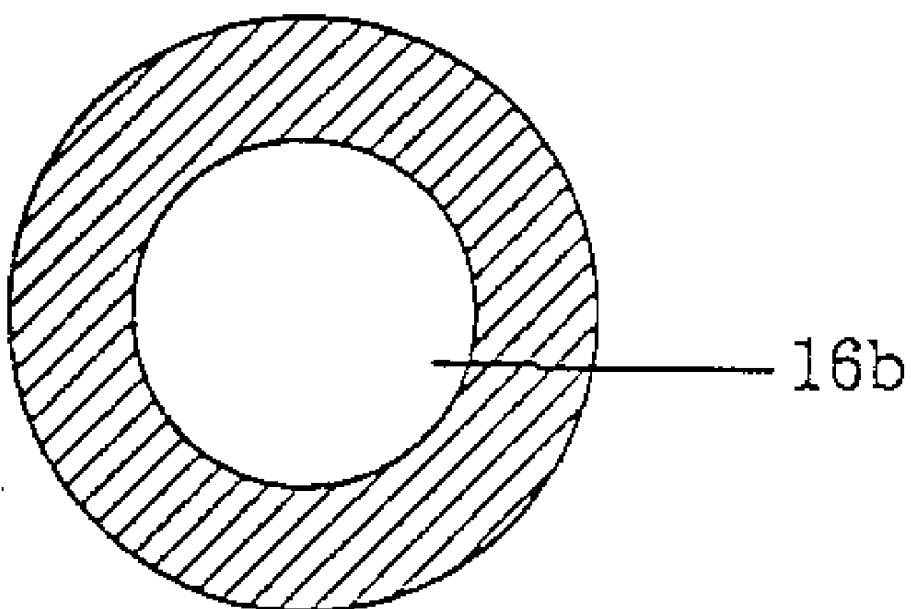
도면5



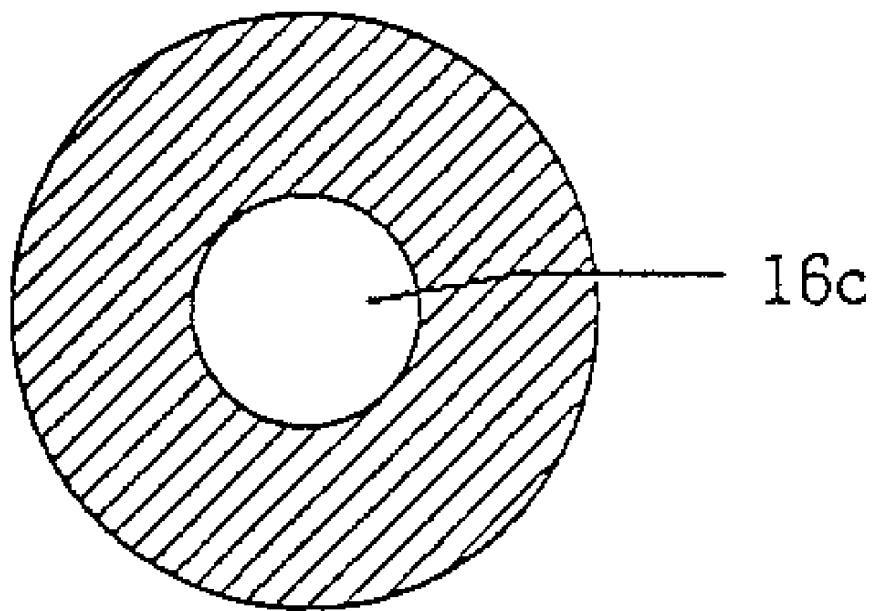
도면6a



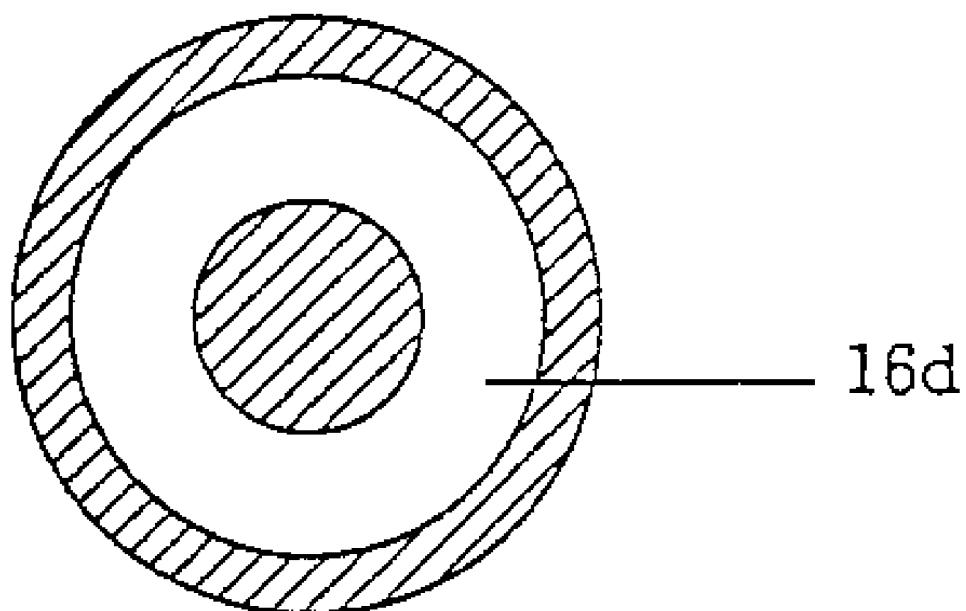
도면6b



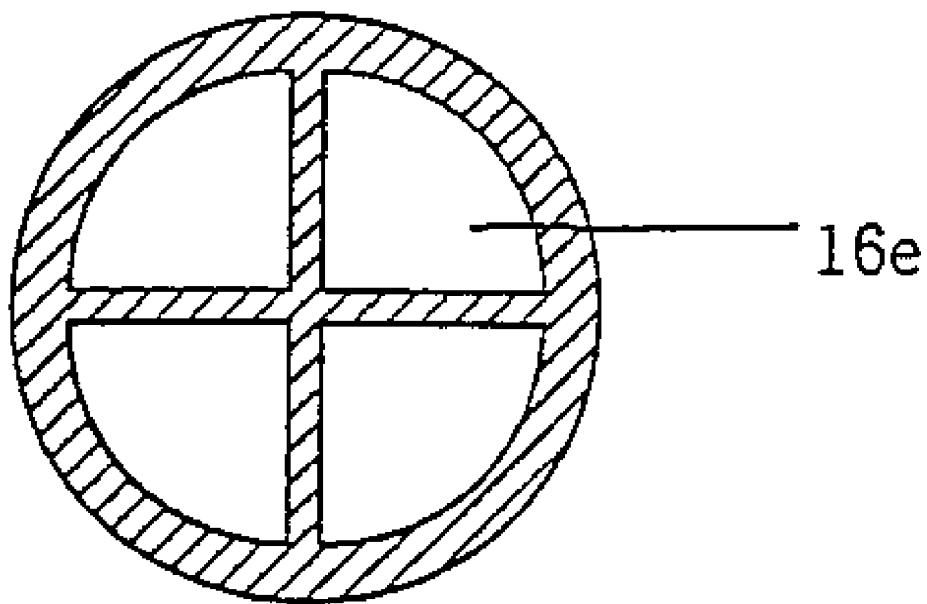
도면6c



도면6d

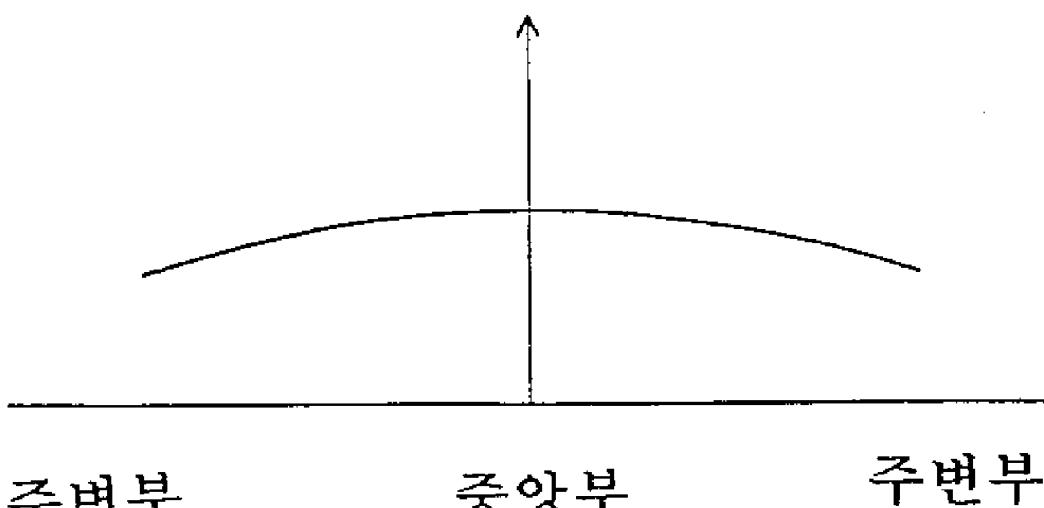


도면6e

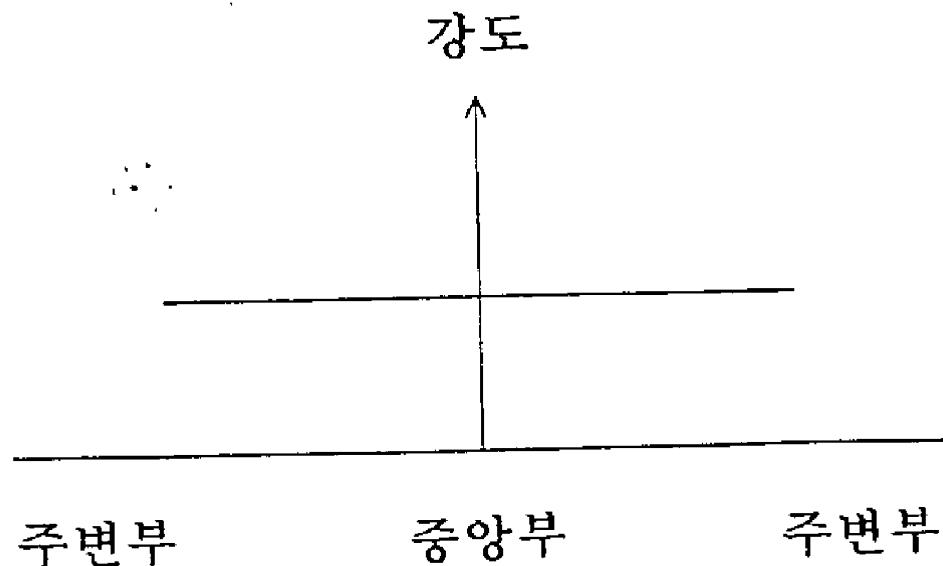


도면7a

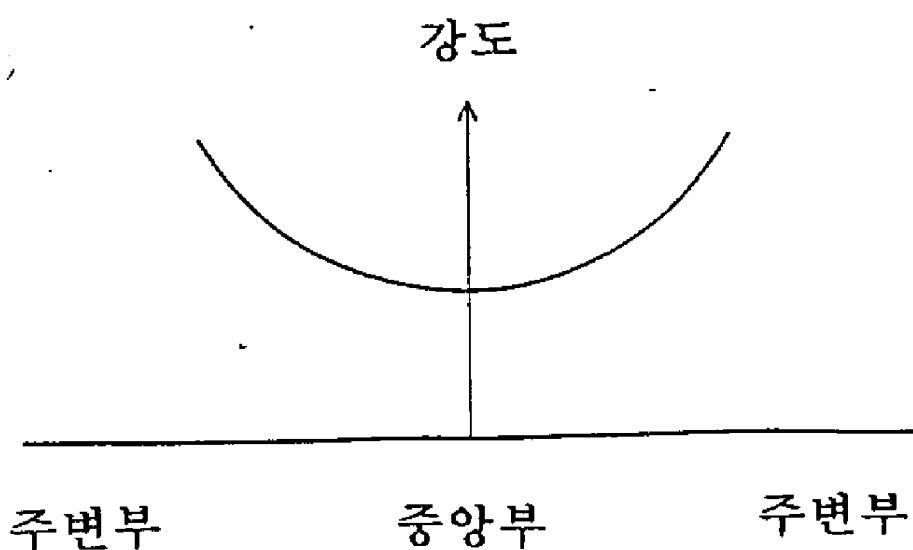
강도



도면7b

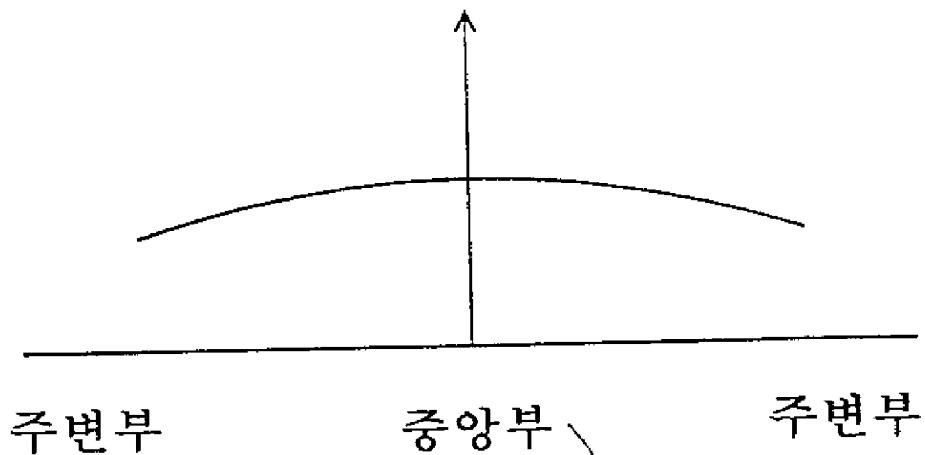


도면7c



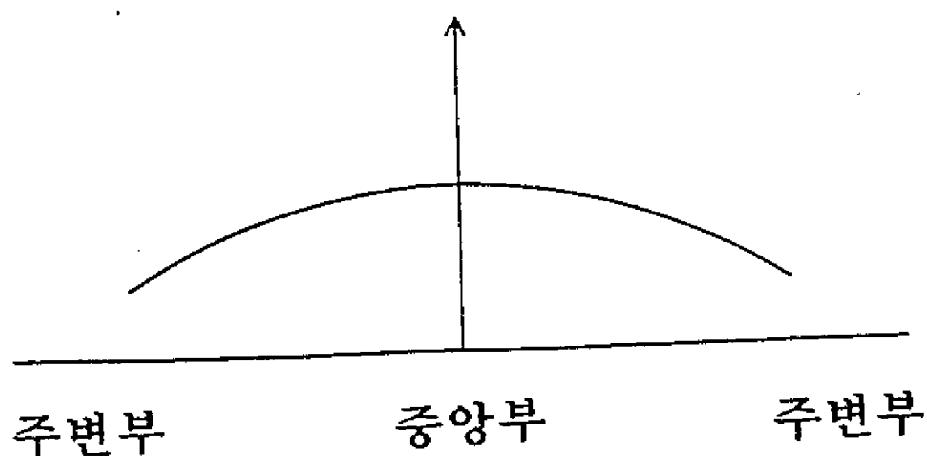
도면8a

강도

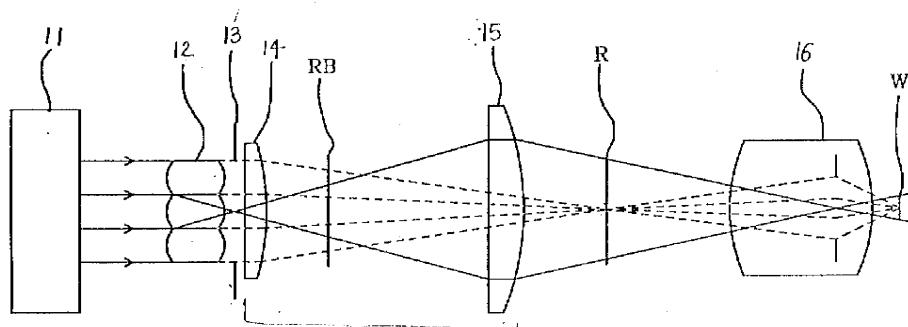


도면8b

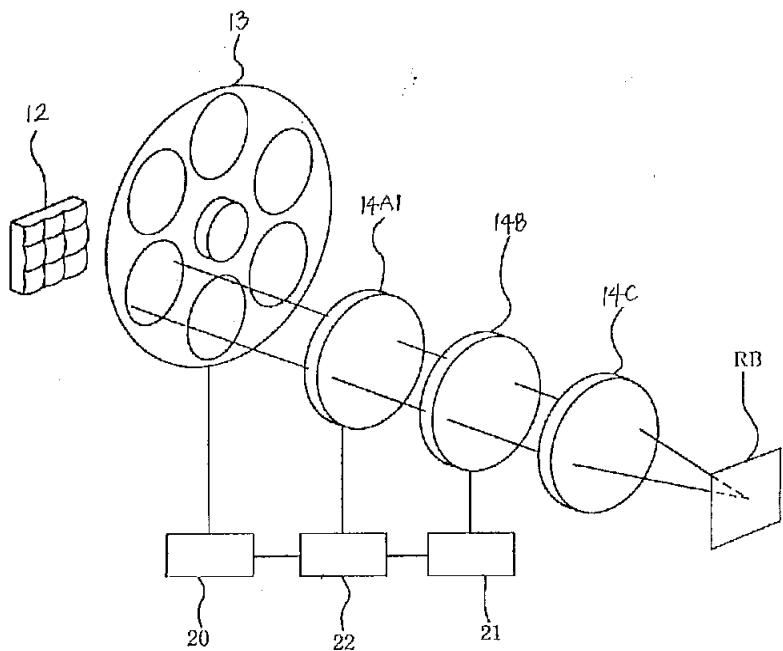
강도



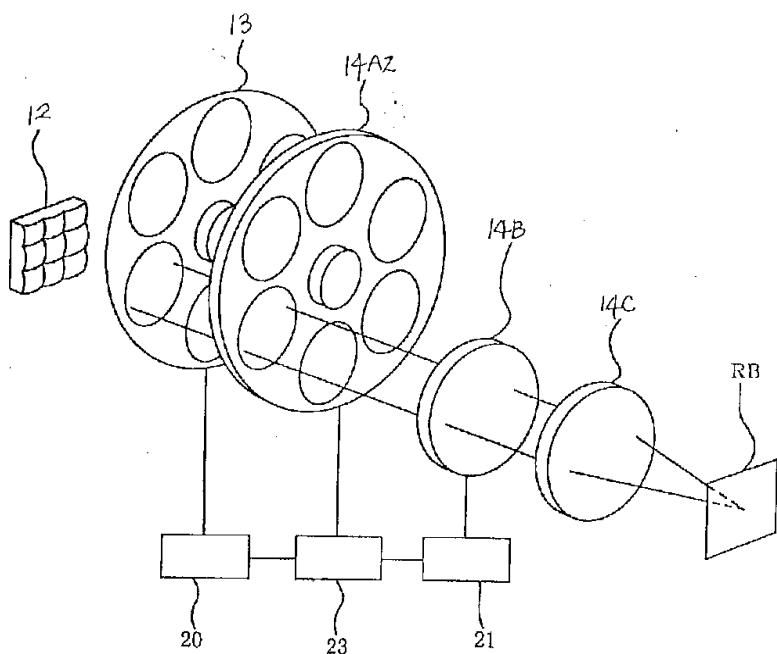
도면9



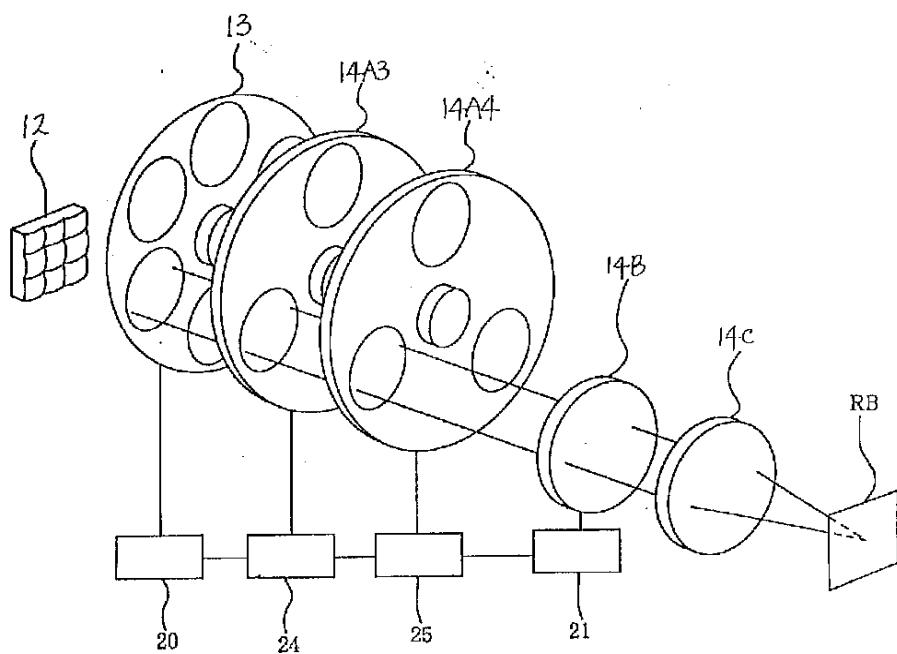
도면10



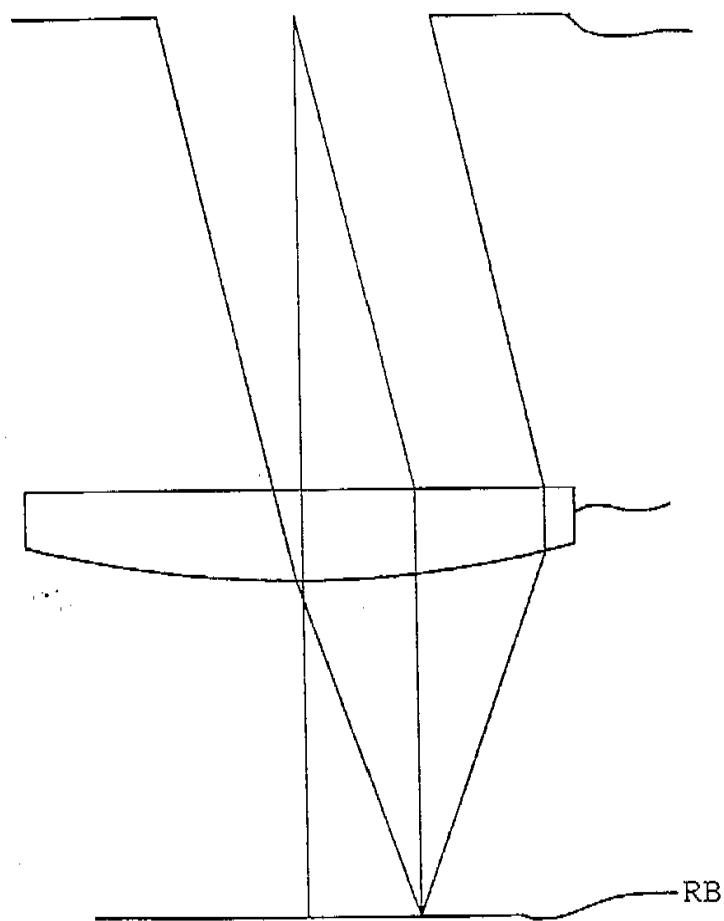
도면11



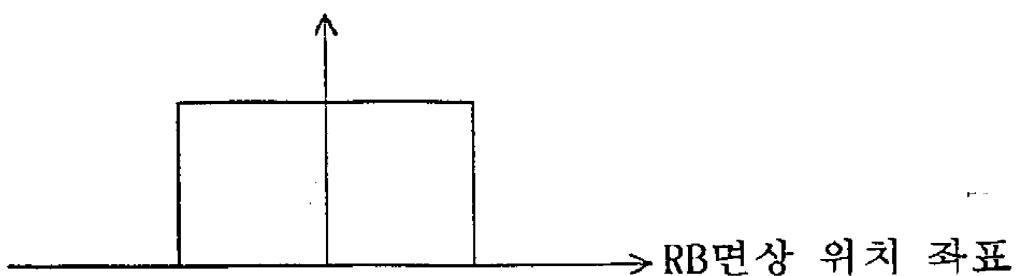
도면12



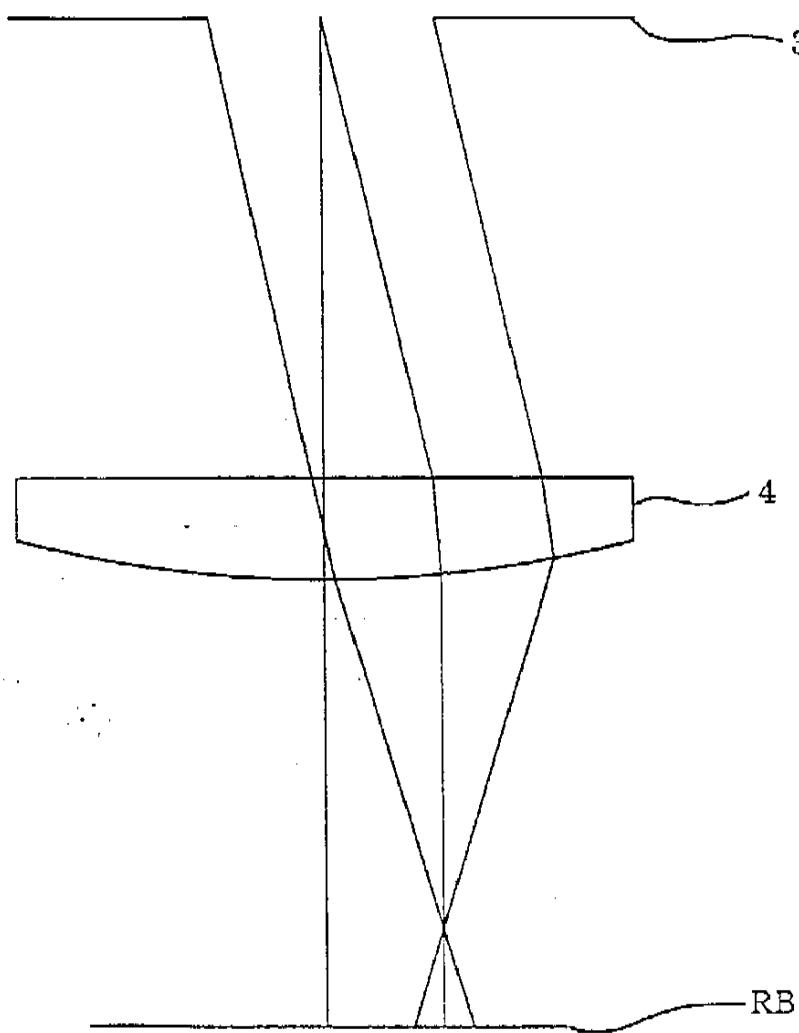
도면13



도면14

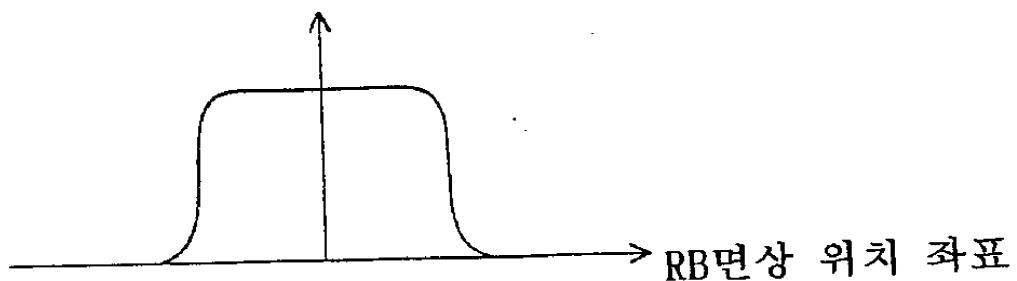
강도 분포

도면15

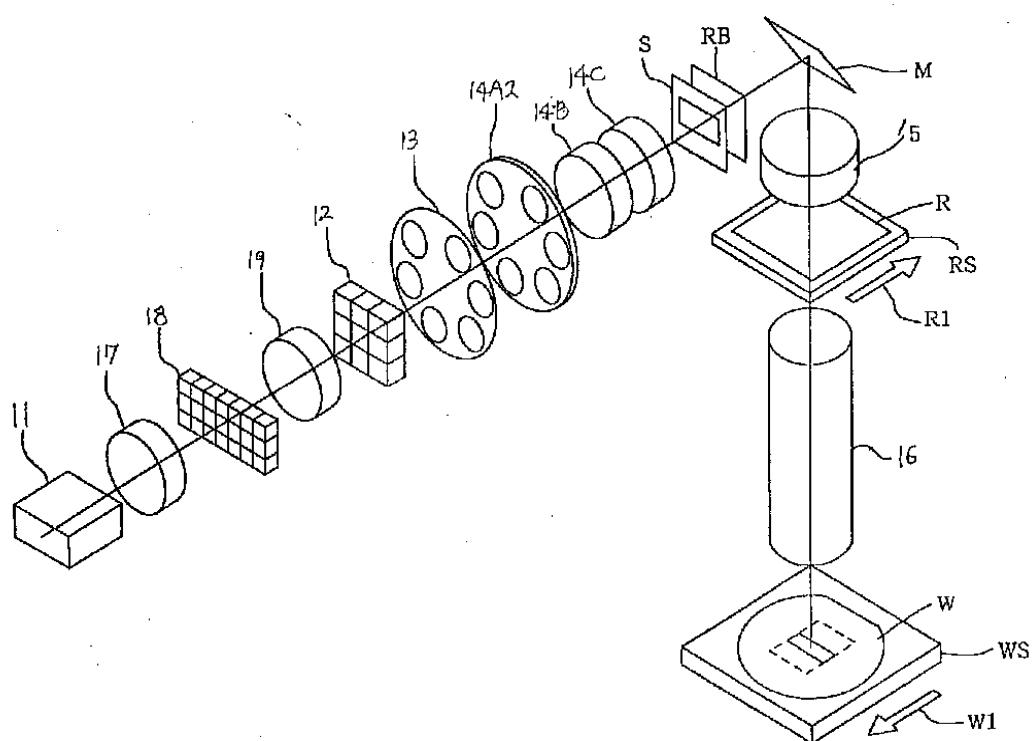


도면16

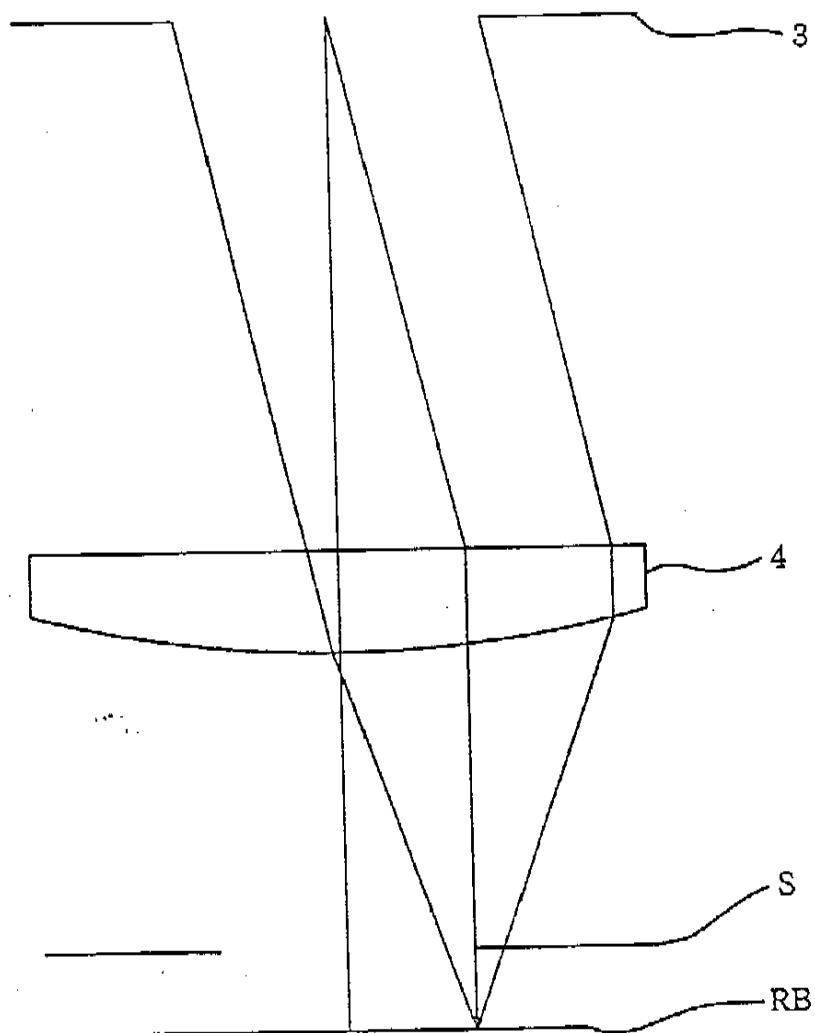
강도 분포



도면17

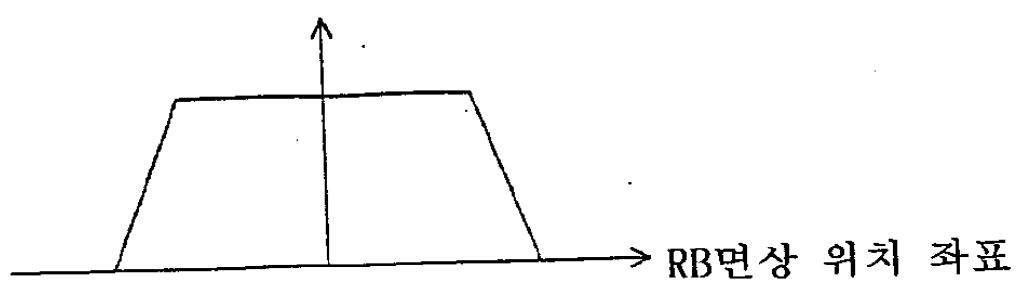


도면18

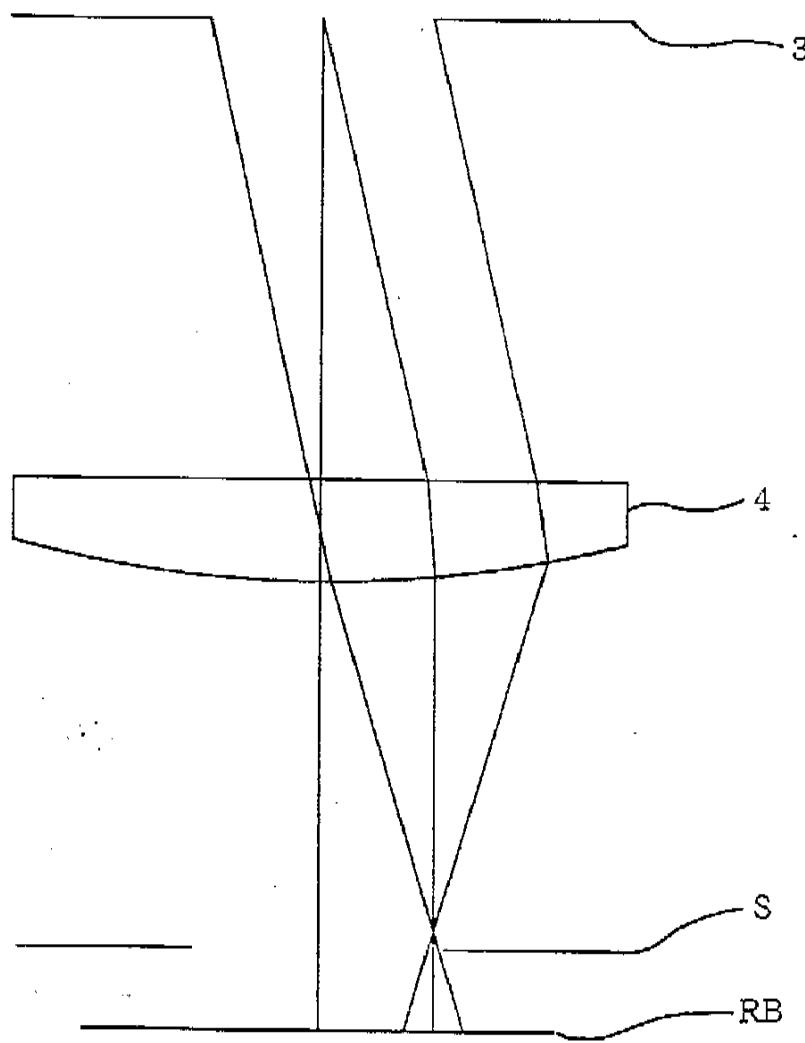


도면19

강도 분포

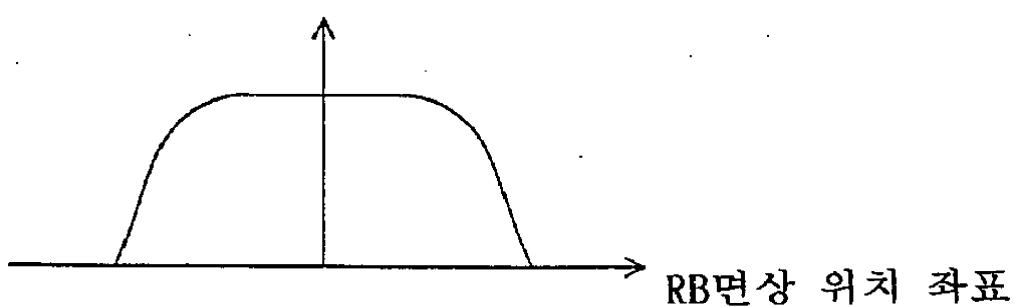


도면20

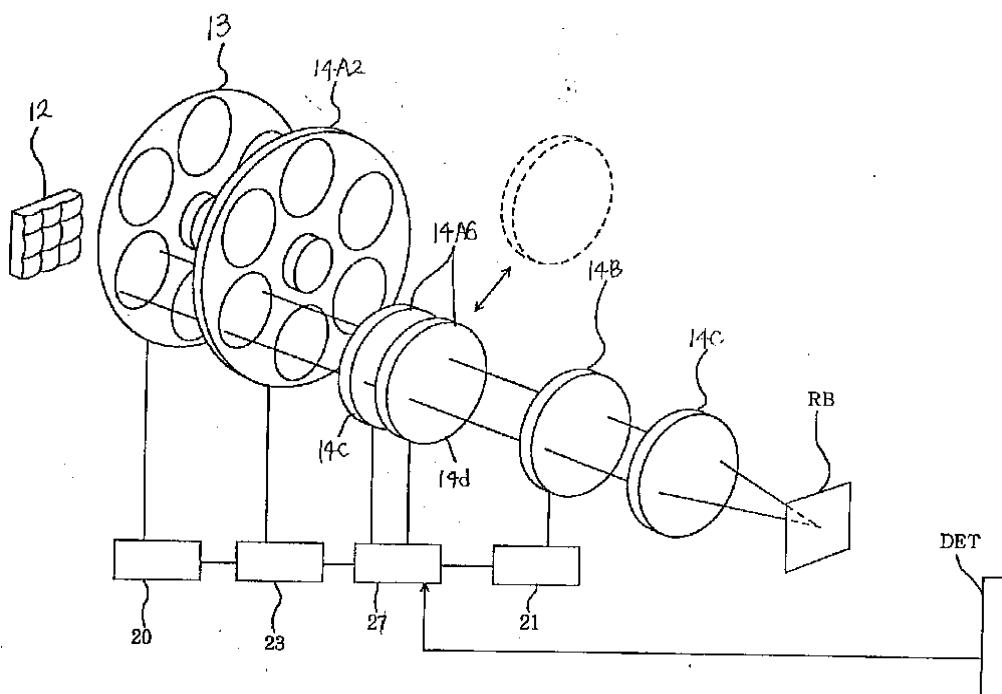


도면21

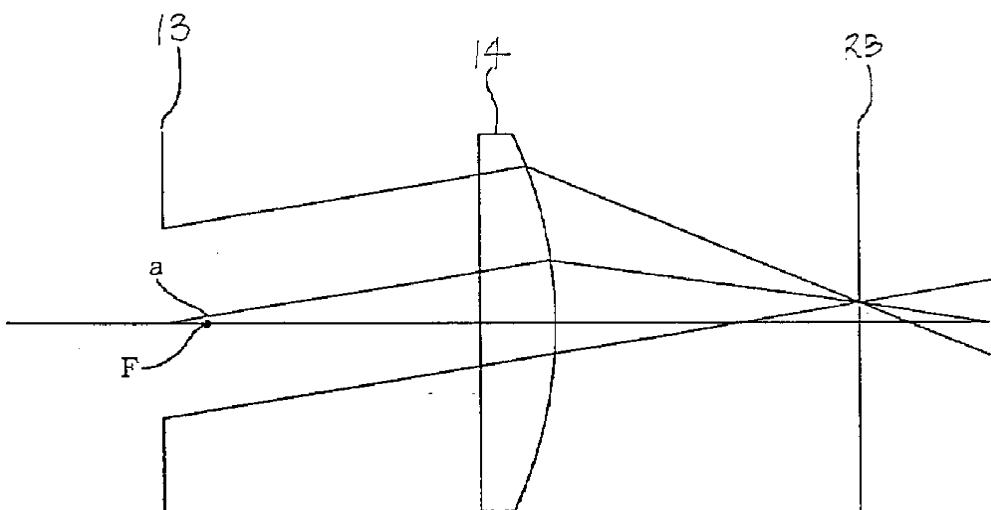
강도 분포



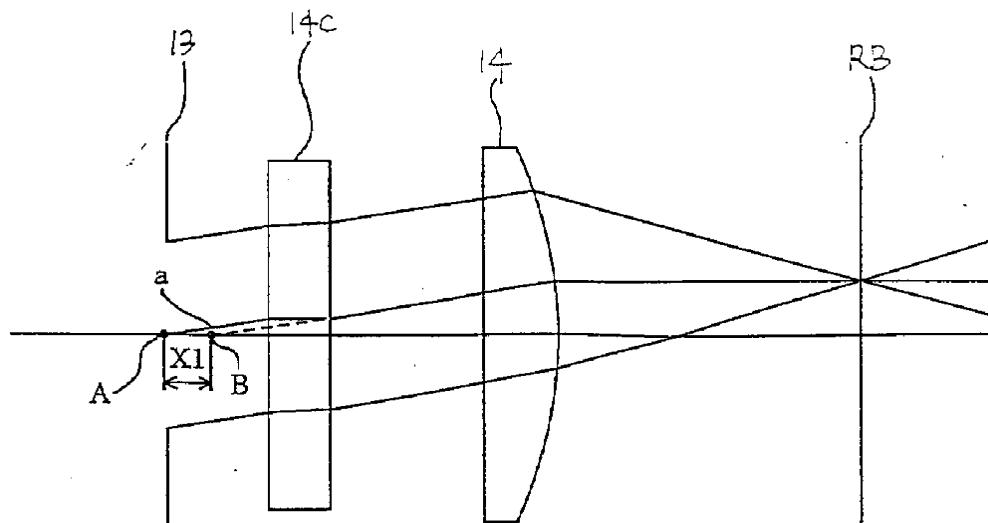
도면22



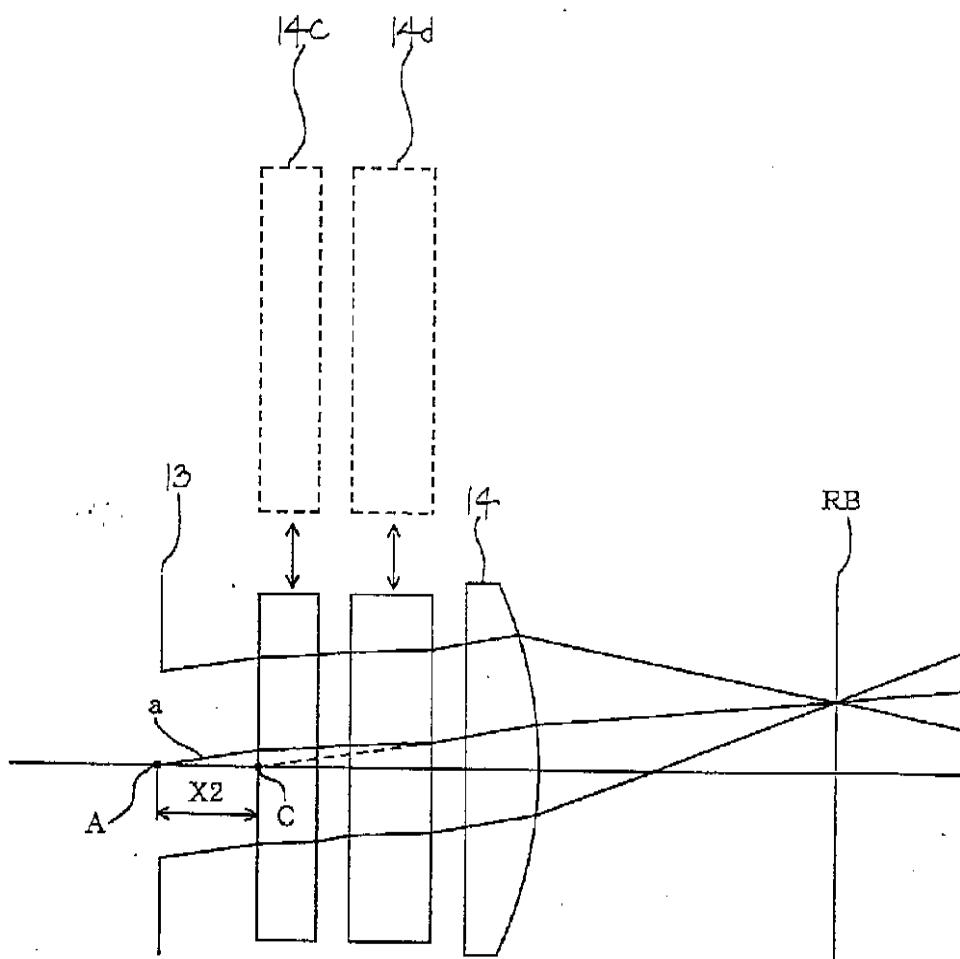
도면23



도면24



도면25



도면26

