



(19)대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. H01L 21/027 (2006.01)	(45) 공고일자 (11) 등록번호 (24) 등록일자	2007년08월27일 10-0752492 2007년08월20일
--	-------------------------------------	--

(21) 출원번호	10-2006-0019035	(65) 공개번호	10-2006-0096896
(22) 출원일자	2006년02월28일	(43) 공개일자	2006년09월13일
심사청구일자	2006년02월28일		

(30) 우선권주장 JP-P-2005-00056007 2005년03월01일 일본(JP)

(73) 특허권자 캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고

(72) 발명자 야마조에 켄지
일본국 도쿄도 오오따꾸 시모마루쵸 3쵸메 30방 2고 캐논가부시끼가이샤
사나이

(74) 대리인 신중훈
임옥순

(56) 선행기술조사문헌
KR1020040075785A

심사관 : 심병로

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 노광방법 및 장치

(57) 요약

광원으로부터의 광을 이용하여, 덴스콘택트홀 패턴(dense contact hole pattern)이 형성된 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크를 조명광학계를 개재하여 조명하고, 투영광학계를 개재하여, 상기 덴스콘택트홀 패턴을 피노광체에 노광하는 노광방법으로서, λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수라 하면, 상기 덴스콘택트홀이 서로 인접하는 콘택트홀의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하인 경우에, 접선방향으로 편광한 축외 조명에 의해 노광하는 것을 특징으로 하는 노광방법을 제공한다.

대표도

도 7

특허청구의 범위

청구항 1.

삭제

청구항 2.

광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀을 포함한 소망한 패턴 및 해당 소망한 패턴보다 작은 보조패턴을 가지는 콘택트홀 패턴이 형성된 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크를, 상기 소망한 패턴이 해상되고, 또한, 상기 보조패턴의 해상이 억제되도록 조명광학계로 조명하고, 투영광학계를 개재하여, 상기 소망한 패턴을 피노광체에 노광하는 노광방법으로서,

λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하인 경우에, 접선방향으로 편광한 축외조명에 의해 노광하고,

상기 소망한 패턴은, 고립콘택트홀 또는 중간주기의 콘택트홀 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 3.

광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀을 포함한 소망한 패턴 및 해당 소망한 패턴보다 작은 보조패턴을 가지는 콘택트홀 패턴이 형성된 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크를, 상기 소망한 패턴이 해상되고, 또한, 상기 보조패턴의 해상이 억제되도록 조명광학계로 조명하고, 투영광학계를 개재하여, 상기 소망한 패턴을 피노광체에 노광하는 노광방법으로서,

λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 큰 경우에, 동경(動徑) 방향으로 편광한 축외조명에 의해 노광하고,

상기 소망한 패턴은, 고립콘택트홀 또는 중간주기의 콘택트홀 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 4.

광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀을 포함한 소망한 패턴 및 해당 소망한 패턴보다 작은 보조패턴을 가지는 콘택트홀 패턴이 형성된 마스크를, 상기 소망한 패턴이 해상되고, 또한, 상기 보조패턴의 해상이 억제되도록 조명광학계로 조명할 때에, 상기 광의 편광상태를 상기 콘택트홀 패턴의 주기에 따라서 사용하고, 상기 소망한 패턴을 피노광체에 투영광학계를 개재하여 노광하는 노광방법으로서,

λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 큰지 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하 인지 여부에 의거하여 상기 편광상태를 설정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 5.

삭제

청구항 6.

제 4항에 있어서,

상기 소망한 패턴은, 고립콘택트홀 또는 중간주기의 콘택트홀 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 7.

제 2항 내지 제 4항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 소망한 패턴은, 고립콘택트홀만으로 이루어지고, 상기 중심간격은 상기 보조패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 8.

제 2항 내지 제 4항 중의 어느 한 항에 있어서,

상기 소망한 패턴은, 고립콘택트홀 및 중간주기의 콘택트홀 패턴 또는 덴스콘택트홀 패턴을 포함하고,

상기 중심간격은 상기 보조패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격인 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 9.

제 8항에 있어서,

상기 보조패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격은 상기 덴스콘택트홀의 중심간격과 동일한 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 10.

제 4항에 있어서,

상기 마스크는 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크이며,

상기 노광방법은,

상기 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 큰 경우에는 동경방향으로 편광한 축외조명을 사용하고,

상기 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하인 경우에는 접선방향으로 편광한 축외조명을 사용하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 11.

제 4항에 있어서,

상기 마스크는 위상시프트마스크이며,

상기 노광방법은,

상기 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 큰 경우에는 무편광조명을 사용하고,

상기 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하인 경우에는 동경방향으로 편광한 축외조명을 사용하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 12.

제 4항에 있어서,

λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 직교하는 2방향중 종방향에 있어서의 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격을 λ/NA 로 규격화한 값의 2승의 역수와, 횡방향에 있어서의 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격을 λ/NA 로 규격화한 값의 2승의 역수의 합이 16보다 크지, 16이하인지에 의거하여 상기 편광상태를 설정하는 것을 특징으로 하는 노광방법.

청구항 13.

제 2항 내지 제 4항 중의 어느 한 항에 기재된 노광방법을 실행하기 위한 모드를 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 14.

광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명광학계와 상기 콘택트홀 패턴을 피노광체에 투영하는 투영광학계를 가지는 노광장치로서,

상기 콘택트홀 패턴의 주기와 상기 마스크의 종류에 의거해서 상기 마스크를 조명하는 조명광의 편광상태를 설정하는 모드를 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 15.

제 14항에 있어서,

상기 모드는,

상기 마스크가 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크인 경우에, 상기 주기에 대응하는 제 1의 값이 한계값으로서의 제 2의 값보다 큰 경우에는 동경방향으로 편광한 축외조명을 사용하며, 상기 제 1의 값이 상기 제 2의 값 이하인 경우에는 접선방향으로 편광한 축외조명을 사용하고,

상기 마스크가 위상시프트 마스크인 경우에, 상기 제 1의 값이 상기 제 2의 값보다 큰 경우에는 무편광조명을 사용하고, 상기 제 1의 값이 상기 제 2의 값 이하이면 동경방향으로 편광한 축외조명을 사용하고,

λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수, σ_{max} 를 상기 조명광학계의 마스크측의 개구수와 상기 투영광학계의 물체측의 개구수의 비 σ 의 최대값 또는 σ 가 1이상이면 1로 하면, 상기 제 1의 값은 직교하는 2방향의 한쪽의 방향에 있어서 상기 텐스콘택트홀이 서로 인접한 콘택트홀의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이고, 상기 제 2의 값은 $0.25 \times \sqrt{2} / \sigma_{max}$ 인 것을 특징으로 하는 노광장치.

청구항 16.

제 14항 또는 제 15항에 기재된 노광장치를 이용하여 피노광체를 노광하는 스텝과,

상기 노광된 피노광체를 현상하는 스텝

을 가지는 것을 특징으로 하는 디바이스의 제조방법.

명세서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<발명의 배경>

본 발명은, 일반적으로는, 노광에 관한 것이다. 특히, IC, LSI 등의 반도체 칩, 액정패널 등의 표시소자, 자기헤드 등의 검출 소자, CCD 등의 촬상소자라고 하는 각종 디바이스, 마이크로메카닉스로 이용하는 마스크 및 그 제조방법, 노광방법 및 장치에 관한 것이다. 여기서, 마이크로메카닉스는 반도체 집적회로 제조기술을 미세 구조체의 제작에 응용해, 고도의 기능을 가진 미크론 단위의 기계시스템이나 그것을 만드는 기술을 말한다. 본 발명의 노광방법 및 장치는, 예를 들면, 투영광학계의 최종면과 피노광체의 표면과의 사이를 액체에 침지하여, 투영광학계 및 액체를 개재하여 피노광체에 노광하는 이른바 액침노광에 매우 적합하다.

마스크(레티클)에 묘화된 회로패턴을 투영광학계에 의해 웨이퍼 등에 노광하는 투영노광장치는 종래부터 사용되고 있다. 고해상도인 노광장치가 더욱 더 요구되고 있다. 고해상도를 달성하는 수단으로서 투영광학계의 개구수(NA)를 증가하는 것이 알려져 있다.

그러나, 고NA화가 진행되는 것에 따라, 광의 편광의 결상성능에의 영향이 무시할 수 없게 된다. 광의 웨이퍼에의 입사각이 큰 만큼, 광의 편광방향에 의한 결상성능에 차이를 일으켜 버리기 때문이다. 광의 편광에 의한 결상성능에의 영향은, 2광속의 각도가 커지므로 3광속 간섭보다 2광속 간섭에의 쪽이 훨씬 크다. 특히, 근년 제안되고 있는 액침노광에 있어서는, 광의 편광방향에 의해 전혀 결상하지 않게 되는 조건이 존재한다고 하는 문제도 생긴다.

이 때문에, 노광광의 편광제어를 실시하는 시도가 되고 있다. 예를 들면, 문헌 "Proceedings of SPIE, Volum 5377(2004) pp. 68"를 참조한다. 상기 문헌에서는 라인앤드스페이스(LINE & SPACE; L/S) 패턴에 있어서의 편광제어를 검토하고 있다. L/S패턴에 최적인 편광제광조명은 그대로 콘택트홀 패턴에 적용가능한 것은 아니기 때문에, 콘택트홀용의 편광조명에 관해서도 연구를 하고 있다. 예를 들면, 문헌 "Proceedings of SPIE, Volum 5040 (2003) pp.1352"를 참조한다. 또, 문헌 "2004 International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2004)"에서 2004년 10월 27일에 "발표번호 27A-3-2"로 발표된 논문을 참조한다. 발표제목:"Intrinsic Problem Affecting Contact Hole Resolution in Hyper NA Era"를 참조한다.

L/S패턴에 대해서는, 문헌 "Proceedings of SPIE, Volume 5377 (2004) pp. 68"에 기재되어 있는 대로이다. 그 문헌에 따르면, S편광, 또는, 유효광원의 접선방향으로 편광되고 있는 접선방향 편광이 L/S패턴의 해상에 적절하다. 한편, 콘택트홀 패턴에 대해 기술한다. 문헌 "Proceedings of SPIE, Volum 5040 (2003) pp. 1352"은, 텐스콘택트홀 패턴에는 유효광원에서 동경(動徑) 방향으로 편광하고 있는 동경방향 편광이 효과적이라고 기술하고 있다. 또한, 문헌 "2004 International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC2004)"를 참조한다. 이 중에, 2004년 10월 27일에 발표번호 "27A-3-2"로 발표된 논문이 있다. 발표 제목:"Intrinsic Problem Affecting Contact Hole Resolution in Hyper NA Era"를 참조한다. 여기는, 현시점에서 텐스콘택트홀에 효과적인 편광조명은 보이지 않는다고 기술하고 있다. 또 콘택트홀에는, 콘택트홀이 밀집하고 있는 이른바 텐스콘택트홀, 콘택트홀이 광학적으로 고립하고 있는(또는 주기성이 없는) 고립콘택트홀을 포함한다. 또, 텐스콘택트홀과 고립콘택트홀의 중간의 콘택트홀을 포함한다. 또, 콘택트홀 패턴은 이러한 것들 중의 일종류 또는 복수종류를 포함한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<발명의 요약>

본 발명은, 콘택트홀 패턴에 적절한 편광조명 조건을 주는 노광방법 및 장치를 제공한다.

본 발명의 1측면으로서의 노광방법은, 광원으로부터의 광을 이용하여, 텐스콘택트홀 패턴이 형성된 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크를 조명광학계를 개재하여 조명하고, 투영광학계를 개재하여, 상기 텐스콘택트홀 패턴을 피노광체에 노광하는 노광방법으로서, λ 를 상기 광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 상기 텐스 콘택트홀이 서로 인접한 콘택트홀의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하인 경우에, 접선방향으로 편광한 축외조명에 의해 노광하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 다른 측면으로서의 노광방법은, 광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀을 포함한 소망한 패턴 및 해당 소망한 패턴보다 작은 보조패턴을 가지는 콘택트홀 패턴이 형성된 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크를, 상기 소망한 패턴이 해상되고, 또한, 상기 보조패턴의 해상이 억제되도록 조명광학계로 조명하고, 투영광학계를 개재하여, 상기 소망한 패턴을 피노광체에 노광하는 노광방법으로서, λ 를 상기광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하인 경우에, 접선방향으로 편광한 축외조명에 의해 노광하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 다른 측면으로서의 노광방법은, 광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀을 포함한 소망한 패턴 및 해당 소망한 패턴보다 작은 보조패턴을 가지는 콘택트홀 패턴이 형성된 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크를, 상기 소망한 패턴이 해상되고, 또한, 상기 보조패턴의 해상이 억제되도록 조명광학계로 조명하고, 투영광학계를 개재하여, 상기 소망한 패턴을 피노광체에 노광하는 노광방법이며, λ 를 상기광의 파장, NA를 상기 투영광학계의 상측의 개구수로 하면, 상기 콘택트홀 패턴이 서로 인접한 패턴의 중심간격의 절반의 길이를 λ/NA 로 규격화한 값이 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 큰 경우에, 동경방향으로 편광한 축외조명에 의해 노광하는 것을 특징으로 한다.

본 발명의 다른 측면으로서의 노광방법은, 광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀을 포함한 소망한 패턴 및 해당 소망한 패턴보다 작은 보조패턴을 가지는 콘택트홀 패턴이 형성된 마스크를, 상기 소망한 패턴이 해상 되고, 또한, 상기 보조패턴의 해상이 억제되도록 조명광학계로 조명할 때에, 상기광의 편광상태를 상기 콘택트홀 패턴의 주기에 따라서 사용하고, 상기 소망한 패턴을 피노광체에 투영광학계를 개재하여 노광하는 것을 특징으로 한다.

상술의 노광방법을 실행하기 위한 모드를 가지는 것을 특징으로 하는 노광장치도 본 발명의 1측면을 구성한다.

본 발명의 다른 측면으로서의 노광장치는, 광원으로부터의 광을 이용하여, 콘택트홀 패턴이 형성된 마스크를 조명하는 조명광학계와, 상기 콘택트홀 패턴을 피노광체에 투영하는 투영광학계를 가지는 노광장치로서, 상기 콘택트홀 패턴의 주기와 상기 마스크의 종류에 의거하여 상기 마스크를 조명하는 조명광의 편광상태를 설정하는 모드를 가진다.

본 발명의 다른 측면으로서의 디바이스의 제조방법은, 상술의 노광장치를 이용하여 피노광체를 노광하는 스텝과 노광된 상기 피노광체를 현상하는 스텝을 가지는 것을 특징으로 한다. 상술의 노광장치의 작용과 같은 작용을 나타내는 디바이스 제조방법의 청구항은, 중간 및 최종 결과물인 디바이스 자체에도 그 효력이 미친다. 또, 이러한 디바이스는 예를 들면, LSI 나 VLSI 등의 반도체칩, CCD, LCD, 자기센서, 박막자기헤드 등을 포함한다.

본 발명의 또 다른 목적 또는 그 외의 특징은, 이하, 첨부 도면을 참조해 설명되는 바람직한 실시예에 의해 밝혀질 것이다.

발명의 구성

<바람직한 실시예의 상세한 설명>

노광장치의 노광광의 파장을 λ 로 하고, 투영광학계의 상측 개구수를 NA로 한다. 조명광학계로부터 마스크면에 입사하는 광속이 이루는 개구수와 투영광학계의 물체측 개구수의 비를 σ 로 한다. σ 는 노광장치의 조명광학계에서 각종 부재에 의해 가변이지만, 일반적인 노광장치에 있어서는 최대 σ 가 1보다 작지만, 거의 1인 장치가 개발되고 있다.

그런데, 노광장치에서는 다양한 NA와 λ 를 취할 수 있으므로, 패턴 사이즈를(λ/NA)로 규격화하면 편리하다. 예를 들면, λ 가 248nm이고 NA가 0.73일때, 100nm를 상술한 바와 같이 규격화하면 0.29가 된다. 이러한 규격화를 본 명세서에서는 k1환산이라고 부르기로 한다. k1환산된 값이 작으면 작을수록 노광은 곤란하게 된다.

콘택트홀에는, 상술한 바와 같이, 텐스콘택트홀, 고립콘택트홀, 이들의 중간의 콘택트홀(이러한 콘택트홀을 후술하는 바와 같이 "중간주기를 가지는 콘택트홀"이라고 부름)이 있다. 또, 콘택트홀 패턴은 이들중 한 종류 또는 복수 종류를 포함한다. 우선, 마스크 패턴이 텐스콘택트홀만을 포함한 경우에 대해 검토한다.

우선, 텐스콘택트홀을 노광하는 것을 생각한다. 텐스콘택트홀 패턴과는 콘택트홀이 밀집(대략적으로는 홀 지름과 홀 간격의 비를 1:g로 했을 때에, g가 3보다 작은 경우 밀집해 있다고 함)해서 배치되어 있는 패턴이다. 예를 들면, 도 2에 모식적으로 나타낸 바와 같이, 콘택트홀(21)이 중횡 방향으로 주기 p로 배치되어 있다. 여기서, 마스크로서 바이너리 마스크와 감쇠위상 시프트마스크에 대해 생각한다. 바이너리 마스크는, 투광부와 차광부로 이루어지는 마스크이며, 도 2에서는, 투광부는 (21), 차광부는 (24)에 상당한다. 감쇠위상 시프트마스크는 바이너리 마스크의 차광부가 광감쇠부가 되고, 또한, 투광

부에 대해서 대략 180도의 위상차이를 주는 마스크이다. 도 2에서는, 투광부는 (21)이고 광감쇠부는 (24)에 상당한다. 광감쇠부를 투과한 광은 투광부를 투과한 광에 비해 4% 내지 25%의 범위에서 감쇠하고 있으면 충분하지만, 최근의 유행으로 보다 고투과율로 설정하는 경우가 있다. 중횡방향 밖에 패턴이 없는 경우, 도 3에 나타낸 바와 같이, 패턴의 주기에 따라서 동공면위에 바둑판의 눈형상으로 회절광(32)이 나타난다. 동공(31)의 중심에 나타나는 회절광을(0, 0)회절광으로 부르고, x방향으로 n번째, y방향으로 m번째(단, n과 m은 정수)에 나타나는 회절광을 (n, m)차 회절광으로 이름을 붙인다. 또, 마스크의 종류, 또는, 패턴의 배치에 따라서는 (n, m)차 회절광과 (n, m±1)차 회절광의 사이에 회절광이 발생한다. 이러한 회절광을 본 명세서에서는 (n, m±1/2)차 회절광이라고 부른다. 마찬가지로, (n, m)차 회절광과 (n±1, m)차 회절광의 사이에 발생하는 회절광은, (n±1/2, m)차 회절광이라고 부른다.

노광장치의 최대 σ 를 1로 하고, 텐스콘택홀 패턴의 주기 p의 절반(반피치)을 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 큰 경우에는 동공내에 적어도 4개 이상의 회절광을 집어넣을 수 있다. 이 때, 접선방향 편광의 축외조명이면, 동공면에서의 회절광분포와 편광상태는, 예를 들면, 도 4(a)에 도시한 바와 같이 된다. 즉, 동공(31)에는(0, 0)차 회절광, (1, 0)차 회절광, (0, 1)차 회절광, (1, 1)차 회절광의 4종류의 회절광을 집어넣어 각각의 회절광의 편광방향은 도면중의 화살표로 가리키게 된다. 전술의 편광과 간섭을 고려하면, (0, 0)차 회절광과 (1, 1)차 회절광은 충분히 간섭하지만, (1, 0)차 회절광과 (0, 1)차 회절광은 그다지 간섭하지 않는다. 이에 대해서, 동경방향 편광의 축외조명이면, 동공(31)에 받아들여지는 회절광과 편광의 모습은 도 4(b)에 나타내게 되어, (1, 0)차 회절광과 (0, 1)차 회절광이 간섭하지만, (0, 0)차 회절광과 (1, 1)차 회절광은 간섭하지 않는다. 즉, 접선방향 편광의 축외조명의 경우에는, (0, 0)차 회절광이 결상에 크게 관여하고, 동경방향 편광의 축외조명의 경우에는, (0, 0)차 회절광이 결상에 그다지 관여하지 않는다.

상기와 같은 간섭을 고려하여, 텐스콘택홀 패턴의 반피치를 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 크게 바이너리 마스크를 축외조명 하는 것으로 한다. 그 경우, 접선방향 편광조명과 동경방향 편광조명에서는 결상성능에 거의 차이가 없는 것이 예상된다. (0, 0)차 회절광과 (1, 1)차 회절광의 강도차이가 크기 때문에, 접선방향 편광조명이 콘트라스트가 다소 나빠진다.

마찬가지로, 텐스콘택홀 패턴의 반피치를 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 크고, 감쇠위상 시프트마스크를 축외조명으로 했을 경우를 생각한다. (0, 0)차 회절광의 강도를 꽤 약하게 할 수 있기 때문에, 접선방향 편광조명과 동경방향 편광조명에서는, 동경방향 편광조명이 결상성능이 좋다.

텐스콘택홀 패턴의 반피치를 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 보다 크고, 마스크가 레벤슨형의 위상시프트마스크의 경우에 대해 생각한다. 위상시프트마스크는, 중횡 방향으로 서로 인접한 투광부의 위상차이가 180도인 것 같은 마스크이다. 이 경우, (1/2, 1/2)차 회절광, (-1/2, 1/2)차 회절광, (-1/2, -1/2)차 회절광의 회절광이 반드시 동공내에 들어온다. 이러한 회절광강도는 동일하기 때문에, 접선방향 편광조명과 동경방향 편광조명에서는 결상성능에 차이가 나오지 않는다. 이 경우는, 편광조명을 사용해도 사용하지 않아도 된다.

다음에, 노광장치의 최대 σ 를 1로 하고, 텐스콘택홀 패턴의 반피치를 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하의 경우를 상정한다. 이 경우, 물리적으로 동공내에 4종류 이상의 회절광을 집어넣는 것은 불가능하고, 기본적으로는 2종류의 회절광 밖에 동공에 집어 넣을 수 없다.

그런데, 텐스콘택홀 패턴의 반피치가 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하이고, 바이너리 마스크나 감쇠위상 시프트마스크를 축외조명했을 때, 접선방향 편광이면, 예를 들면, 도 5(a)에 도시한 바와 같이 동공면에서의 회절광분포와 편광상태를 얻을 수 있다. 이 경우, (0, 0)차 회절광과 (0, 1)차 회절광이 충분히 간섭한다. 조명이 동경방향 편광이면, 도 5(b)에 도시한 바와 같이 동공면에서의 회절광분포와 편광상태를 얻을 수 있고 (0, 0)차 회절광과 (0, 1)차 회절광은 그다지 간섭하지 않는다. 이 때문에, 텐스콘택홀 패턴의 반피치가 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하이고, 바이너리 마스크나 감쇠위상 시프트마스크 일때는 접선방향 편광조명을 이용하면 된다.

텐스콘택홀 패턴의 반피치가 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하이고, 위상시프트마스크를 축외조명했을 때, 동경방향 편광이라고 한다. 그러면, 예를 들면, 도 6(a)에 도시한 바와 같이, 동공면에서의 회절광분포와 편광상태를 얻을 수 있고 상면 광강도분포는 충분한 콘트라스트를 유지해서 간섭한다. 그러나, 접선방향 편광의 조명을 이용하면, 예를 들면, 도 6(b)에 도시한 바와 같이, 동공면에서의 회절광분포와 편광상태가 되어, 상면 광강도는 충분한 콘트라스트를 얻을 수 없다. 즉, 텐스콘택홀 패턴의 반피치가 k1 환산했을 때 $0.25 \times \sqrt{2}$ 이하이고, 마스크가 위상시프트마스크일 때는 동경방향 편광조명을 이용하면 된다.

이상을 정리하면, 텐스콘택홀 패턴에 대해서 조명조건을 결정하려면 도 7과 같은 플로차트에 따르면 된다는 것을 알았다. 도 7에 있어서, σ_{max} 는 사용하는 노광장치의 최대 σ 이고, 다만, 최대 σ 가 1이상 때는 1로 한다.

동 도면에 도시한 바와 같이, 우선, k_1 환산된 값이 $0.25 \times \sqrt{2} / \sigma_{\max}$ 보다 큰지의 여부를 판단한다(스텝 1002). 스텝 1002에서 크다고 판단되면 위상시프트마스크를 사용할지의 여부를 판단한다(스텝 1004). 위상시프트마스크를 사용한다고 판단하면(스텝 1004), 무편광 또는 임의의 편광조명을 사용한다(스텝 1006). 한편, 스텝 1002에서 k_1 환산된 값이 $0.25 \times \sqrt{2} / \sigma_{\max}$ 이하이라고 판단하면, 위상시프트마스크를 사용할지의 여부를 판단한다(스텝 1008). 스텝 1004에서 위상시프트마스크를 사용하지 않는다고 판단했을 경우 또는 스텝 1008에서 위상시프트마스크를 사용한다고 판단하면, 동경방향 편광조명을 사용한다(스텝 1010). 한편, 스텝 1008에서 위상시프트마스크를 사용하지 않는다고 판단하면, 접선방향 편광조명을 사용한다(스텝 1012).

또한 종방향과 횡방향의 주기가 다른 경우는, 그들 중 주기가 짧은편에 대해서 k_1 환산한 값에 의거하여 도 7의 플로차트를 적용하면 된다. 왜냐하면, 주기가 짧으면 짧을수록 편광의 영향을 받기 쉽기 때문에, 주기가 짧은 편을 우선해야 하기 때문이다. 여기서 말하는 주기란, 도 2와 같은 마스크의 경우에는 텐스콘택트홀 패턴의 주기를 말하고, 도 10(b), (d)와 같은 마스크의 경우에는 후술하는 바와 같이 소망패턴과 보조패턴(더미 패턴)을 포함한 패턴의 주기를 말한다. 또한 종방향과 횡방향의 주기가 다른 경우에 보다 엄밀하게 도 7의 플로차트를 적용하고 싶은 경우에는, 종방향과 횡방향의 주기가 다르다. 그 경우, 종방향의 주기를 k_1 환산한 값의 2승의 역수와 횡방향의 주기를 k_1 환산한 값의 2승의 역수를 가산한 값이 16보다 큰 경우와 16이하인 경우로서, 경우의 구분을 할 필요가 있다. 종방향의 주기를 k_1 환산한 값의 2승의 역수와 횡방향의 주기를 k_1 환산한 값의 2승의 역수를 더한 값이 16보다 큰 즉, 도 7의 플로차트에 있어서, 스텝 1002의 조건을, " $1 / (\text{종방향 주기의 } k_1 \text{ 환산된 값})^2 + 1 / (\text{횡방향 주기의 } k_1 \text{ 환산된 값})^2$ "으로 바꾸면 되고, 그 편이 바람직하다.

<실시예 1>

노광장치로서, 파장이 약 193nm, 투영광학계의 NA가 0.92, 최대 σ 가 1이라고 상정한다. 홀 지름이 85nm이고, 홀 간격이 85nm의 텐스콘택트홀 패턴을 상정한다. 유효광원형상은 도 8(a)에 도시한 바와 같이 수평방향(패턴의 주기방향)이 이루는 각이 ± 45 도 방향으로 광조사부(밝은부분)를 가지는 사중극조명으로 한다. 각 광조사부(81)의 중심은 중심으로부터 σ 로 환산하여 0.85떨어져 있고 각 광조사부(81)의 직경은 σ 로 환산해서 0.20으로 한다.

마스크를 바이너리 마스크로 했을 때, 디포커스량과 홀 지름(CD라고도 말함)의 관계(포커스 특성이라고도 말함)를 도 9(a)에 나타낸다. 도 9(a)에 있어서, 10nm바이어스란, 홀 지름을 95nm, 홀 간격을 75nm에 조정한 것이지만, 상면 광강도 분포에 있어서의 슬라이스 레벨을 조절하는 것에 의해, 노광 후의 홀 지름이 85nm가 되는 것이다. 상술한 바와 같이, 바이너리 마스크라면 접선방향 편광과 동경방향 편광으로 거의 디포커스 특성에 차이가 없고, 동경방향 편광이 약간 특성이 좋은 것을 알았다.

이어서, 마스크를 광감쇠부의 강도투과율을 6%로한 감쇠위상 시프트마스크로 했을 때의 디포커스 특성을 도 9(b)에 나타낸다. 상술한 바와 같이, 동경방향 편광의 쪽이 접선방향 편광보다 초점특성이 좋다.

또한, 도 9에서는, 10nm 바이어스를 넣었을 때와 넣지 않을 때에 있어서는 결상성능에 거의 차이는 없지만, 실제로는, 10nm 바이어스를 넣었을 때의 쪽이 상면에서의 광량이 많기 때문에 스루풋의 면에서 유리하게 된다.

본 실시예는 도 7의 플로차트의 유효성을 증명하고 있다. 또한, 본 실시예에서는 유효광원형상으로서 도 8(a)에 도시한 바와 같은 사중극조명을 이용했지만, 기본적으로는 중심부가 어두운 유효광원인 것이 바람직하다. 예를 들면, 도 8(b)에 도시한 바와 같이 윤대 조명이나 도 8(c)에 도시한 바와 같이 중심으로 패턴의 주기방향과, 그 주기방향과 수직인 방향으로 늘어난 십자형의 차광부(어두운 부분)를 가지는 것 같은 조명에서 콘택트홀을 노광할 때에도 본 실시예의 견해가 들어맞는다. 마찬가지로, 도 8(d)에 도시한 바와 같이 수평방향(패턴의 주기방향)에 대해서 0도와 90도 방향으로 광조사부를 가지는 바와 같이 십자경사 입사조명이나 도 8(e)에 도시한 바와 같이 2개소의 광조사부를 가지는 이중극조명에서도 마찬가지로 본 실시예의 견해가 들어맞는다. 또, 사중극조명과 십자경사 입사조명은 광조사부가 격리해서 4개소 있는 것이 전체이며, 광조사부의 형상은 문제가 되지 않는다. 예를 들면, 윤대조명을 유효광원 중심으로부터 어떤 퍼지는 각도로 4개소를 잘라낸 것과 같은 형상을 가지는 유효광원도 사중극조명, 또는, 십자경사 입사조명이다. 마찬가지로 이중극조명도 광조사부가 격리해서 2개소 있는 것이 전체이므로 광조사부의 형상은 문제되지 않는다.

<실시예 2>

지금까지는, 텐스콘택트홀 패턴에 최적인 편광조명을 마스크의 종류와 반피치의 크기로부터 고찰해 왔다. 그런데, 실제의 콘택트홀 마스크에는 텐스콘택트홀 패턴 뿐만 아니라, 고립콘택트홀 패턴이 존재한다. 여기서, 고립콘택트홀이란, 홀 지름

과 홀 간격이 1:7이상의 경우는 광학적으로 충분히 고립으로 간주할 수가 있다. 그렇지만, 광의의 의미에서는 서로 영향을 미치지 않게되는 정도의 간격이면 고립이라고 말하는 것이 많고, 엄밀하게는 유효광원형상에 의존한다. 그 때문에, 홀 지름과 홀 간격이 1:5에서도 고립으로 간주하는 경우가 있다. 홀 지름과 홀 간격이 1:3까지를 밀집하게 했으므로, 1:3로부터 1:7까지는 본 명세서중에서는 중간주기라고 부르기로 한다. 종래부터, 고립콘택트홀에는 소 σ 조명이, 덴스콘택트홀 패턴에는 축외조명이 좋다고 여겨져 왔다. 이 관례로부터 이해되는 바와 같이, 고립콘택트홀과 덴스콘택트홀에서는 조명조건이 다르다. 이것은, 고립콘택트홀의 회절광은 홀 지름이 작아지면, 동공중심에 비해서 동공 주변에서 완만하게 강도가 저하하는 바와 같은 중심대칭의 분포를 동공면내에서 나타내기 때문이며, 덴스콘택트홀의 회절광분포와는 완전히 다른 것이 되기 때문이다. 이 때문에, 고립콘택트홀에 대한 편광의 영향을 직감적으로 이해하는 것은 어렵고, 고립콘택트홀에 대한 편광조명의 해는 알려지지 않았다.

한편, 고립콘택트홀 패턴을 노광할 경우에, 마스크상의 고립 콘택트홀 패턴의 주변에 해상하지 않을 정도의 크기의 보조패턴(더미 패턴)을 넣는다고 하는 수법이 있다(자세하게는, 일본국 공개특허 2003-234285호 공보 참조). 보조패턴이 광학적 근접효과로 서로 영향을 주고, 소망패턴의 결상특성을 향상시키는 것이 알려져 있다.

본 발명자는, 고립콘택트홀 패턴의 주변에 해상하지 않을 정도의 크기의 보조패턴을 넣었을 때, 동공면의 회절광분포가 덴스콘택트홀 패턴의 회절광분포를 닮은 것처럼 되는 것을 규명하였다. 덴스콘택트홀 패턴의 회절광분포로부터 최적인 편광조명을 이끌어 낼수 있는 것은 도 7의 플로차트에서 나타낸 바와 같다.

예를 들면, 도 10(a)과 같은 고립콘택트홀(22) 있었을 때, 그 주위에 보조패턴(23)을 도 10(b)에 도시된 바와 같이 배치한다. 보조패턴과 소망 패턴의 중심간격은 소망 홀 지름의 1.8배에서 2.2배의 범위에 있는 것이 좋다. 보조패턴의 크기는 소망 패턴의 50%에서 90%의 범위에 있는 것이 바람직하다. 그렇지만, 보조패턴이 있을 때와 없을 때로 결상특성을 비교하면, 보조패턴이 있는 편이 결상특성이 좋다. 그 때문에, 상기의 바람직한 범위로 한정되지 않고 보조패턴을 넣어도 보조패턴의 효과를 얻을 수 있다. 소망패턴과 보조패턴의 중심간격을 p 로 했을 때, 반피치를 $k1$ 환산해서 도 7의 플로차트에 적용시키면 좋다.

예를 들면, 파장이 193nm, 투영광학계의 NA가 0.92, 최대 σ 가 1이라고 상정한다. 유효광원형상은 도 8(a)에 도시한 바와 같이 수평방향과 이루는 각이 $\pm 45^\circ$ 방향으로 광조사부를 가지는 사중극조명으로 하고, 각 광조사부(81)의 중심은 유효광원의 중심으로부터 σ 로 환산해서 0.85떨어져 있다. 각 광조사부(81)의 직경은 σ 로 환산해 0.20으로 한다. 바이너리 마스크를 고려하여 도 10(a)에 있어서의 소망패턴 홀 지름 85nm로 한다. 그리고, 접선방향 편광과 동경방향 편광으로 했을 때의 초점특성과 도 10(b)에 있어서의 소망패턴 홀 지름 85nm, 보조패턴 홀 지름을 60nm로 한다. 그리고, p 를 170nm로서 접선방향 편광과 동경방향 편광으로 했을 때의 초점특성의 결과를 도 11(a)에 싣는다. 보조패턴이 있을 때와 없을 때에는, 보조패턴이 있을 때의 편이 초점특성이 좋다. 보조패턴이 있을 때와 없을 때의 각각에서는 동경방향 편광의 편이 약간 초점특성이 좋다.

광감쇠부의 강도투과율이 6%인 바와 같이 감쇠위상 시프트마스크에 있어서도 마찬가지로 초점특성을 조사해서, 도 11(b)과 같은 결과를 얻을 수 있다. 단, 도 11(b)의 결과를 이끌어 냄에 있어서, 소망패턴에는 10nm의 바이어스를 넣어 둔다. 접선방향 편광조명 때는, 보조패턴이 있는 편이 초점특성이 좋고, 동경방향 편광조명에서는 보조패턴의 유무로 포커스 특성은 거의 변함이 없다. 다만, 보조패턴이 들어가 있는 편이 실제로는 상면에 많은 광이 도달하므로, 스트루트가 좋아진다.

이상을 정리하면, 고립콘택트홀에는 주변에 보조패턴을 소망패턴과 보조패턴의 중심간격의 절반을 $k1$ 환산해서, 도 7의 플로차트에 따르면 되는 것을 이해할 수 있다. 이와 같이, 덴스콘택트홀과 고립콘택트홀이 혼재하는 바와 같은 마스크에 있어서도 동일한 편광조명을 적용하는 것이 가능해진다.

고립콘택트홀에 보조패턴을 넣는 경우로서, 동일 마스크에 덴스콘택트홀이 혼재하고 있는 경우는, 보조패턴의 주기를 덴스콘택트홀의 주기와 동일하게 해도 되고, 다른 것으로 해도 좋다. 보조패턴의 주기가 덴스콘택트홀의 주기의 주기와 다른 경우에는, 도 7의 스텝 1002에 있어서 사용하는 값은 주기가 작은 편을 사용하는 것이 바람직하다.

고립콘택트홀에 보조패턴을 넣지 않을 때는, 도 11의 결과로부터 동경방향의 편광조명을 사용하면 된다. 고립콘택트홀에 보조패턴을 넣지 않고, 또한, 동일 마스크에 덴스콘택트홀이 혼재하고 있는 경우는, 도 7의 플로차트에 따라, 덴스콘택트홀에 최적인 편광이 동경방향 편광이 되도록 마스크의 종류를 결정하면 된다.

다음에, 중간주기의 콘택트홀 패턴에 대해서도 편광조명을 적용하는 것을 t상정한다. 예를 들면, 도 10(c)과 같이 종방향에는 밀집하고 있지만, 횡방향에는 중간주기를 가지는 바와 같이 콘택트홀 패턴이 있다고 한다. 이 경우는, 중간주기를 이루

는 콘택트홀간에 해상 하지 않는 크기의 보조패턴을 넣으면, 회절광은 덴 스페턴과 같이 되기 때문에, 도 7의 플로차트가 적용된다. 도 10(d)은 도 10(c)의 마스크에 보조패턴을 넣은 마스크이다. 도 10(d)의 주기 p에 따라서 도 7의 플로차트가 적용된다.

또한, 실시예 1의 도 8에 관한 논의는 본 실시예에서도 그대로 들어맞는다.

<실시예 3>

이하, 도 1을 참조해서, 본 발명의 일 실시 형태로서의 노광장치(100)에 대해 설명한다. 여기서, 도 1은, 노광장치(100)의 개략 블럭도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 노광장치(100)는, 조명장치(110)와 마스크(130)와 마스크스테이지(132)와 투영광학계(140)와 주제어 유닛(150)와 모니터 및 입력장치(152)와 웨이퍼(170)와 웨이퍼스테이지(176)와 매질로서의 액체(180)를 가진다. 이와 같이, 노광장치(100)는, 투영광학계(140)의 최종면과 웨이퍼(170)가 액체(180)에 침지해서 액체(180)를 개재하여 마스크패턴을 웨이퍼(170)에 노광하는 액침노광장치이다. 노광장치(100)는, 스텝 앤드 스캔 방식의 투영노광장치(즉, 스캐너)이지만, 스텝 앤드 리피트 방식 그 외의 노광방식을 적용해도 된다.

조명장치(110)는 전사용의 회로패턴이 형성된 마스크(130)을 조명하고, 광원부와 조명광학계를 가진다. 광원부는, 광원으로서의 레이저(112)와 빔정형계(114)를 포함한다. 레이저(112)는, 파장 약 193nm의 ArF 엑시머 레이저, 파장 약 248nm의 KrF 엑시머 레이저, 파장 약 157nm의 F2엑시머 레이저 등의 펄스 레이저로부터의 광을 사용할 수가 있다. 레이저의 종류, 개수는 한정되지 않고, 광원부의 종류도 한정되지 않는다.

빔정형계(114)는, 예를 들면, 복수의 실린더형상의 렌즈를 갖추는 빔익스팬더 등을 사용할 수가 있다. 또, 레이저(112)로부터의 평행광의 단면 형상의 치수의 종횡비율을 소망한 값으로 변환하는(예를 들면, 단면 형상을 직사각형으로부터 정방형으로 하는 등) 것에 따라 빔 형상을 소망한 것으로 성형한다. 빔정형계(114)는, 후술하는 옵티컬인터그레이터(118)을 조명하는 데 필요한 크기와 발산각을 가지는 광속을 형성한다.

조명광학계는, 마스크(130)을 조명하는 광학계이며, 본 실시형태에서는, 집광광학계(116)과 편광제어수단(117)과 옵티컬인터그레이터(118)와 개구조리개(120)를 포함한다. 집광렌즈(122)와 절곡 미러(124)와 마스크브레이드(126)과 결상렌즈(128)를 포함한다. 조명광학계는, 종래의 조명, 도 8(a) 내지 도(e)에 도시한 변형 조명 등 여러가지 조명모드도 실현될 수 있다.

집광광학계(116)은, 복수의 광학 소자로부터 구성되어 옵티컬인터그레이터(118)에 소망한 형상으로 효율적으로 도입한다. 예를 들면, 집광광학계(116)은 줌 렌즈시스템을 포함하고, 옵티컬인터그레이터(118)에의 입사빔의 형태 및 각도의 분배를 제어한다.

집광광학계(116)은, 마스크(130)에의 조명광의 노광량을 조명마다 변경가능한 노광량 조정부를 포함한다. 노광량조정부는, 주제어유닛(150)에 의해 제어된다. 노광량 모니터를, 예를 들면, 옵티컬인터그레이터(118)로 마스크(130)의 사이 또는 그 외의 장소에 두어 노광량을 측정하여 그 결과를 피드백할 수도 있다.

편광제어수단(117)은, 예를 들면, 편광소자를 포함하고, 투영광학계(140)의 동공(142)의 거의 공역인 위치에 배치된다. 편광제어수단(117)은, 도 4 내지 도 6으로 설명한 바와 같이, 동공(142)에 형성되는 유효광원의 소정의 영역의 편광상태를 제어한다. 복수 종류의 편광소자로부터 이루어지는 편광제어수단(117)이 도시하지 않는 액추에이터에 의해 회전가능한 터릿상에 설치되어 주제어유닛(150)가 이러한 액추에이터의 구동을 제어해도 된다.

옵티컬인터그레이터(118) 마스크(130)에 조명되는 조명광을 균일화하고, 본 실시 형태에서는, 입사광의 각도분포를 위치분포로 변환해서 출사하는 파리의 눈렌즈로서 구성된다. 파리의 눈렌즈는, 그 입사면과 출사면이 푸리에 변환의 관계에 유지되어 로드 렌즈(즉, 미소렌즈소자)를 다수 조합시키는 것으로 구성되어 있다. 단, 옵티컬인터그레이터(118) 파리의 눈렌즈로 한정되지 않고, 광학로드, 회절격자, 각 조가 직교하도록 배치된 복수의 조의 실린더형상 렌즈 어레이판, 마이크로 렌즈 어레이등을 포함한다.

옵티컬인터그레이터(118)의 출사면의 직후에는, 형상 및 지름이 고정된 개구조리개(120)가 설치되어 있다. 개구조리개(120)는, 투영광학계(140)의 동공(142)에 형성되는 도 8(a) 내지 도 8(e) 등에 도시한 유효광원과 거의 공역인 위치에 배치되고 개구조리개(120)의 개구형상은 투영광학계(140)의 동공면(142)의 유효광원형상에 상당한다. 개구조리개(120)는 유효광원의 형상을 제어한다.

개구조리개(120)는, 조명조건에 따라서 조리개 교환기구(액추에이터)(121)에 의해, 개구조리개가 광로 중에 위치하도록 바꾸는 것이 가능하게 된다. 액추에이터(121)의 구동은, 주제어유닛(150)에 의해 제어되는 유닛(151)에 의해 제어된다. 또한, 개구조리개(120)는, 편광제어수단(117)과 일체로 구성되어도 된다.

집광렌즈(122)는 옵티컬인터그레이터(118)의 사출면 부근의 2차 광원으로부터 출사하고, 개구조리개(120)를 투과한 복수의 광속을 집광해서 미러(124)로 반사시켜 피조사면으로서의 마스크브레이드(126)면을 균일하게 케이라 조명에 의해 조명한다.

마스크브레이드(126)는 복수의 가동차광판에 의해 구성되어 투영광학계(140)의 유효면적에 대응하는 거의 구형(矩形)의 임의의 개구형상을 가지고 있다. 마스크브레이드(126)의 개구부를 투과한 광속을 마스크(130)의 조명광으로서 사용한다. 마스크브레이드(126)는 개구폭을 자동가변하는 조리개이며, 전사영역을 변경할 수 있다. 또, 노광장치(100)는, 스캔방향의 전사영역을 변경가능하게 한다, 상술의 마스크브레이드와 유사한 구조의 스캔 블레이드를 더 가져도 된다. 스캔 블레이드를 개구폭이 자동가변할 수 있는 조리개이며, 마스크(12)면과 광학적으로 거의 공역인 위치에 설치된다. 노광장치(100)는, 이것들 2개의 가변 블레이드를 이용함으로써 노광을 행하는 쇼트의 치수에 맞추어 전사 영역의 치수를 설정할 수가 있다.

결상렌즈(128)는, 마스크브레이드(126)의 개구형상을 마스크(130) 면에 조사하고 전사해서, 마스크(130) 면의 패턴을 도시하지 않는 웨퍼치퍼에 적재한 웨이퍼(170) 면에 축소투영한다. 마스크(130)는, 전사되어야 할 콘택트홀 패턴이 형성된 마스크스테이지(132)에 지지 및 구동된다. 마스크(130)로부터 발광된 회절광은 투영광학계(140)를 통해서 웨이퍼(170)에 투영 된다. 마스크(130)와 웨이퍼(170)는 광학적으로 공역의 관계에 배치된다. 노광장치(100)는 스캐너이기 때문에, 마스크(130)와 웨이퍼(170)를 동기 주사함으로써 마스크(130)의 패턴을 웨이퍼(170)상에 전사한다. 또한, 스텝 앤드 리피트 방식의 노광장치(즉, "축소투영형 노광장치")이면, 마스크(130)와 웨이퍼(170)를 정지시킨 상태로 노광을 실시한다. 바이너리 마스크, 감쇠위상 시프트마스크, 위상시프트마스크의 어느것도 사용할 수 있다.

마스크스테이지(132)는, 마스크(130)를 지지하고 도시하지 않는 이동기구에 접속되어 있다. 마스크 스테이지(132) 및 투영광학계(140)는, 예를 들면, 받침대 등에 적재된 베이스프레임에 댐퍼 등을 개재하여 지지를 받는 스테이지경통 정반상에 설치된다. 마스크스테이지(132)는, 당업계 주지의 어떠한 구성도 적용할 수 있다. 도시하지 않는 이동기구는 리니어모터 등으로 구성되어 XY방향으로 마스크스테이지(132)를 구동하는 것으로 마스크(130)을 이동할 수 있다. 노광장치(100)는, 마스크 (200)와 웨이퍼(170)를 주제어 유닛(150)에 의해 동기한 상태로 주사한다.

투영광학계(140)은, 마스크(130)에 형성된 패턴을 거친 회절광을 웨이퍼(170)상에 결상하는 기능을 가진다. 투영광학계(300)는, 복수의 렌즈소자만으로부터 이루어지는 광학계, 복수의 렌즈소자와 적어도 일매의 오목면미러를 가지는 광학계(카타디옵트릭 광학계) 등을 사용할 수 있다.

주제어유닛(150)은, 각부의 구동제어를 실시한다. 특히, 모니터 및 입력장치(152)의 입력장치로부터 입력되는 정보, 조명장치(100)으로부터의 정보, 도시하지 않는 메모리에 격납된 도 7의 플로차트에 따르는 프로그램에 의거하여 조명제어를 실시한다. 보다 상세하게는, 주제어 유닛(150)은, 마스크(130)에 첨부된 바코드로부터 바이너리 마스크, 감쇠위상 시프트 마스크, 위상시프트마스크와 콘택트홀 패턴의 주기를 읽어낸다. 그리고, 도 7에 나타내는 플로차트에 따라 편광제어수단(117)을 제어하고 적절한 편광상태(즉, 동경방향 조명, 접선방향 조명, 무편광조명, 그 외의 편광조명)와 투영광학계(140)의 동공(142)에 형성되는 유효광원의 형상을 설정한다. 물론, 바코드를 개재하지 않고, 오퍼레이터가 이 정보를 주제어 유닛(150)에 직접 입력해도 되고, 오퍼레이터가 도 7에 나타내는 플로차트에 따라 편광상태를 선택, 설정해도 된다. 유효광원 형상에 대해서도 마찬가지이다. 주제어 유닛(150)에 의한 제어정보나 그 외의 정보는 모니터 및 입력장치(152)의 모니터에 표시된다.

웨이퍼(170)은, 다른 실시 형태에서는 액정기관 그 외의 피노광체에 치환된다. 웨이퍼(170)에서는 포토레지스트(172)가 기관(174)상에 도포되고 웨이퍼스테이지(176)에 지지를 받는다. 스테이지(176)는, 당업계에서 주지의 어떠한 구성도 적용할 수가 있으므로, 여기에서는 자세한 구조 및 동작의 설명은 생략한다. 예를 들면, 스테이지(176)는 리니어모터를 이용해서 XY방향으로 웨이퍼(170)을 이동한다. 마스크(130)와 웨이퍼(170)는, 예를 들면, 동기하여 주사되고, 마스크스테이지(132)와 웨이퍼스테이지(176)의 위치는, 예를 들면, 레이저간섭계 등에 의해 감시되고, 양자는 일정한 속도비율로 구동된다. 스테이지(176)는 예를 들면, 댐퍼를 개재해서 받침대 등에 지지된 스테이지 정반상에 설치된다. 그리고, 마스크 스테이지(132) 및 투영광학계(140)은, 예를 들면, 경통정반은 받침대 등에 적재된 베이스 프레임상에 댐퍼등을 개재하여 지지를 받는 도시하지 않는 경통정반상에 설치된다.

액체(180)에는, 노광과장의 투과율이 좋고, 투영광학계를 오염시키지 않고, 레지스트 프로세스와의 매칭이 좋은 물질이 선택된다. 투영광학계(140)의 최종면에는 액체(180)로부터의 영향을 보호하기 위해서 코팅을 실시한다.

노광에 있어서, 레이저(112)로부터 발광된 광속은, 빔 정형계(114)에 의해 그 빔형상이 정형된 다음에, 집광광학계(116)을 개재하여, 오픈컬린터그레이터(118)에 도입된다. 한편, 주제어유닛(150)은, 도 7에 나타내는 플로차트에 따라 마스크 패턴에 적절한 조명조건으로서의 개구형상과 편광상태를, 편광제어수단(117)의 도시하지 않는 액추에이터와 개구조리개(120)의 액추에이터(121)를 구동하는 것에 의해 설정한다. 오픈컬린터그레이터(118) 조명광을 균일화하고, 개구조리개(120)는, 도 8(a) 내지 도 8(e)에 도시한 바와 같은 유효광원형상을 설정한다. 이러한 조명광은 집광렌즈(122), 절곡미러(124), 마스크브레이드(126), 결상렌즈(128)를 개재하여 마스크(200)를 최적의 조명조건으로 조명한다. 마스크(130)를 통과한 광속은 투영광학계(140)에 의해, 웨이퍼(170)상에 소정 배율로 축소투영된다. 투영광학계(140)의 웨이퍼(170)에의 최종면은 공기보다 더 굴절률이 높은 액체(180)에 침지되어 있으므로, 투영광학계(140)의 NA는 높아지고, 웨이퍼(170)에 형성되는 해상도도 미세하게 된다. 또, 편광제어에 의해, 레지스트(172) 상에는 콘트라스트가 높은 상이 형성된다. 이것에 의해, 노광장치(100)는 레지스트에의 패턴 전사를 고정밀도로 행한 고품위인 디바이스(반도체소자, LCD 소자, 촬상소자(CCD 등), 박막자기헤드 등)를 제공할 수 있다.

<실시예 4>

다음에, 도 12 및 도 13을 참조해서, 상술의 노광장치(100)을 이용한 디바이스의 제조방법의 실시예를 설명한다. 도 12는, 디바이스(IC나 LSI 등의 반도체 칩, LCD, CCD 등)의 제조를 설명하기 위한 플로차트이다.

여기에서는, 반도체 칩의 제조를 예로 설명한다. 스텝 1(회로설계)에서는, 디바이스의 회로설계를 실시한다. 스텝 2(마스크제작)에서는, 설계한 회로패턴 형성에 적절한 마스크를 제작한다. 스텝 3(웨이퍼제조)에서는, 실리콘 등의 재료를 이용해서 웨이퍼를 제조한다. 스텝 4(웨이퍼프로세스)는, 전공정이라고 부르며 마스크와 웨이퍼를 이용해서 리소그래피 기술에 의해 웨이퍼상에 실제의 회로를 형성한다. 스텝 5(조립)는, 후속공정이라고 부르며 스텝 4에 의해 작성된 웨이퍼를 이용해서 반도체칩화하는 공정이며, 어셈블리공정(다이싱, 본딩), 패키징공정(칩밀봉) 등의 공정을 포함한다. 스텝 6(검사)에서는, 스텝 5에서 작성된 반도체 디바이스의 동작 확인테스트, 내구성테스트 등의 검사를 실시한다. 이러한 공정을 거쳐 반도체 디바이스가 완성하고, 이것이 출하(스텝 7)된다.

도 13은, 스텝 4의 웨이퍼 프로세스의 상세한 플로차트이다. 스텝 11(산화)에서는, 웨이퍼의 표면을 산화시킨다. 스텝 12(CVD)에서는, 웨이퍼의 표면에 절연막을 형성한다. 스텝 13(전극형성)에서는, 웨이퍼상에 전극을 증착 등에 의해 형성한다. 스텝 14(이온주입)에서는, 웨이퍼에 이온을 주입한다. 스텝 15(레지스트처리)에서는, 웨이퍼에 감광제를 도포한다. 스텝 16(노광)에서는, 노광장치(100)에 의해 마스크의 회로패턴을 웨이퍼에 노광한다. 스텝 17(현상)에서는, 노광한 웨이퍼를 현상한다. 스텝 18(에칭)에서는, 현상한 레지스트상 이외의 부분을 지워낸다. 스텝 19(레지스트박리)에서는, 에칭이 끝나 불필요해진 레지스트를 없앤다. 이러한 스텝을 반복해 실시하는 것에 의해 웨이퍼상에 다중에 회로패턴이 형성된다. 본 실시예의 디바이스 제조방법에 의하면, 종래보다 고품위인 디바이스를 제조할 수가 있다.

이상, 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명했지만, 본 발명은 이러한 실시예로 한정되지 않는 것은 말할 필요도 없이, 그 요지의 범위내에서 여러 가지의 변형 및 변경이 가능하다.

발명의 효과

본 발명에 의하면, 콘택트홀 패턴에 적절한 편광조명 조건을 부여하는 노광방법 및 장치를 제공한다.

본 발명의 디바이스 제조방법에 의하면, 종래보다 고품위인 디바이스를 제조할 수가 있다.

도면의 간단한 설명

도 1은, 본 발명의 1측면으로서의 노광장치의 개략 블록도;

도 2는, 도 1에 도시한 마스크에 적용 가능한 텐스콘택트홀 패턴의 개략 평면도;

도 3은, 도 2에 나타내는 마스크가 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크의 경우에, 중횡 패턴이 가져오는 동공면의 회절광의 분포를 나타내는 모식도;

도 4(a) 및 도 4(b)는, 도 2에 도시한 마스크가 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크이고, 텐스콘택트홀 패턴의 주기가 큰 경우에, 다른 편광조명상태로 마스크를 조명했을 때의 동공면의 회절광의 분포를 나타내는 모식도;

도 5(a) 및 도 5(b)는, 도 2에 도시한 마스크가 바이너리 마스크 또는 감쇠위상 시프트마스크이고, 텐스콘택트홀 패턴의 주기가 작은 경우에 다른 편광조명상태로 마스크를 조명했을 때의 동공면의 회절광의 분포를 나타내는 모식도;

도 6(a) 및 도 6(b)은, 도 2에 도시한 마스크가 위상시프트마스크로, 텐스콘택트홀 패턴의 주기가 작은 경우에, 다른 편광조명상태로 마스크를 조명했을 때의 동공면의 회절광의 분포를 나타내는 모식도;

도 7은, 본 발명의 1측면으로서의 노광방법의 편광상태의 설정을 설명하기 위한 플로차트;

도 8(a) 내지 도 8(e)는, 도 1에 나타내는 노광장치에 적용 가능한 유효광원형상의 개략 평면도;

도 9(a) 및 도 9(b)는, 도 7에 도시한 방법의 효과를 설명하기 위한 그래프;

도 10(a) 내지 도 10(d)는, 도 1에 도시한 마스크에 적용 가능한 콘택트홀 패턴의 모식도;

도 11(a) 및 도 11(b)은, 도 7에 나타내는 방법의 효과를 설명하기 위한 그래프;

도 12는, 디바이스(IC나 LSI등의 반도체 칩, LCD, CCD 등)의 제조를 설명하기 위한 플로차트;

도 13은, 도 12에 나타내는 스텝 4의 웨이퍼프로세스의 상세한 플로차트.

<도면의 주요부분에 대한 부호의 설명>

21, 22 :콘택트홀 23: 보조패턴

81: 광조사부 100: 노광장치

110: 조명장치 112: 레이저

114: 빔정형계 116: 집광광학계

117: 편광제어수단 118: 옵티컬인터그레이터

120: 개구조리개 121: 액추에이터

122: 집광렌즈 124: 절곡미러

126: 마스크브레이드 128: 결상렌즈

130: 마스크 132: 마스크스테이지

140: 투영광학계 142: 동공

150: 주제어유닛 151: 구동제어유닛

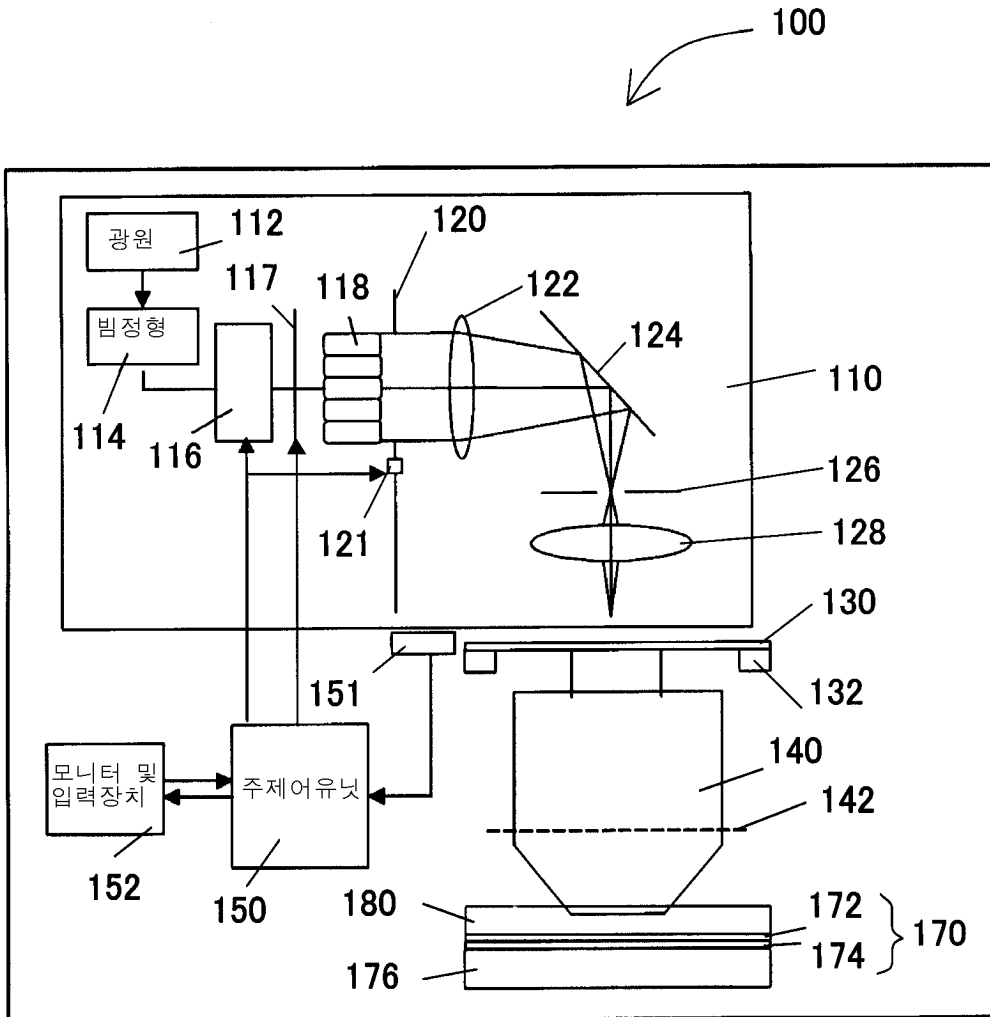
152: 모니터 및 입력장치 170: 웨이퍼

172: 포토레지스트 174: 기관

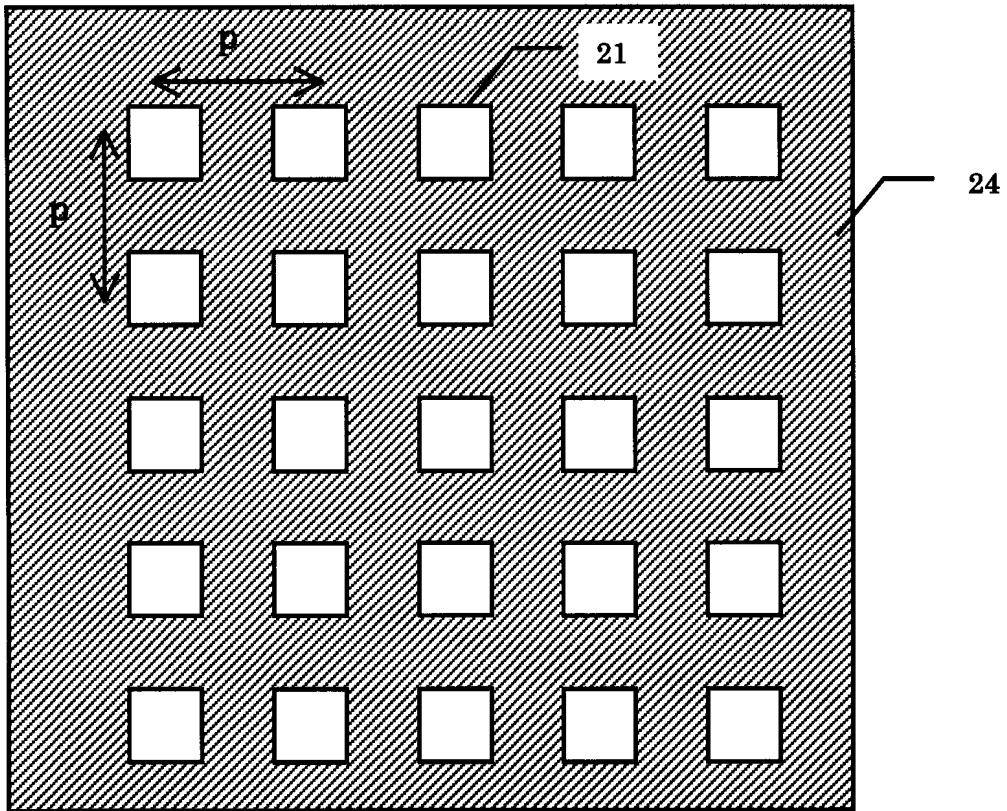
176: 웨이퍼스테이지 180: 액체

도면

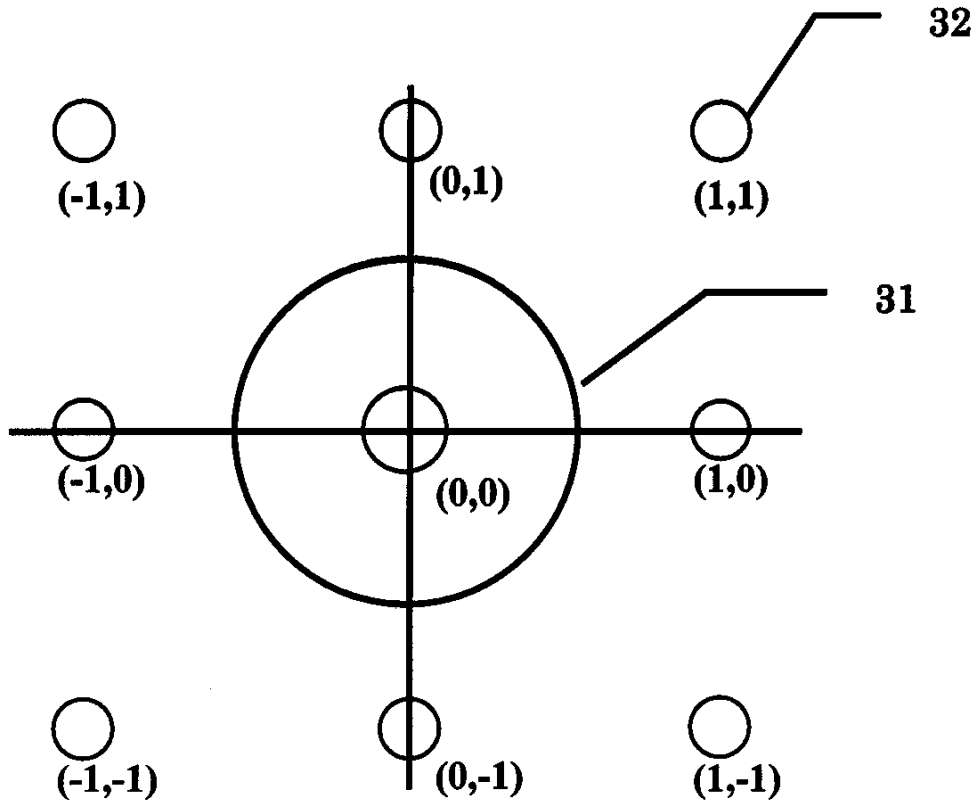
도면1



도면2



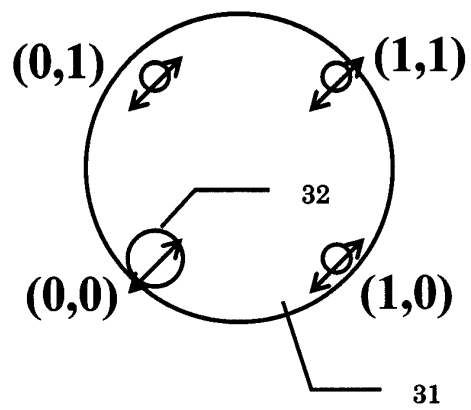
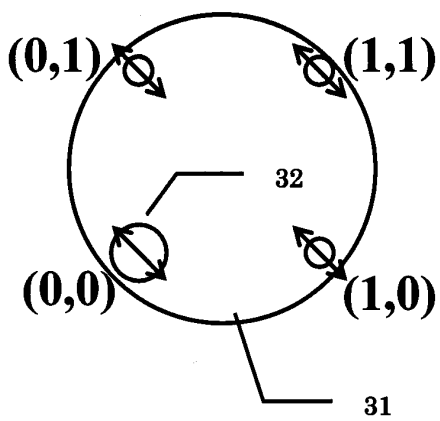
도면3



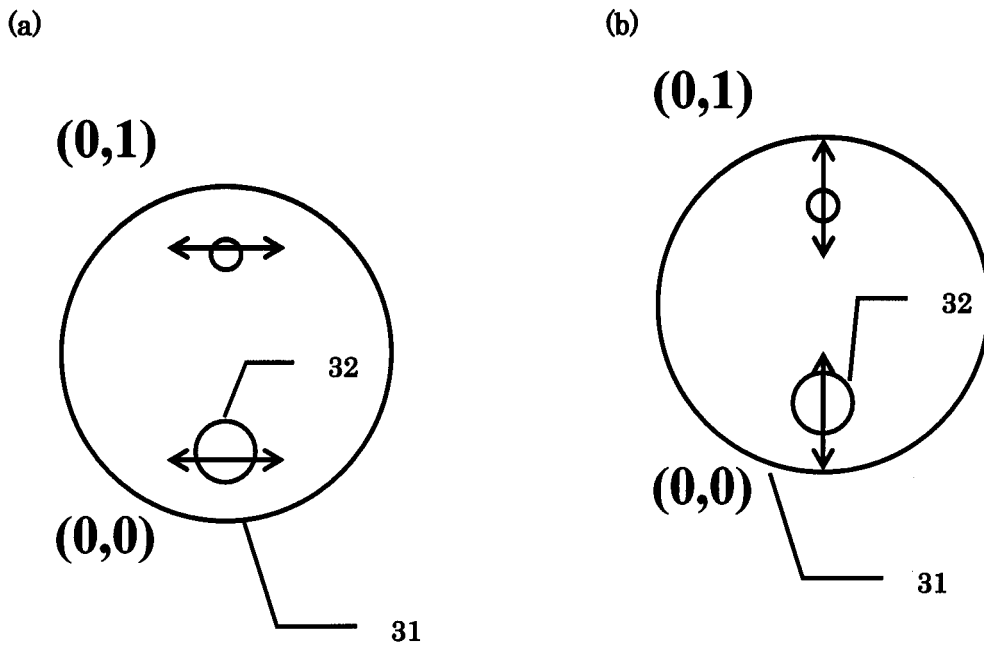
도면4

(a)

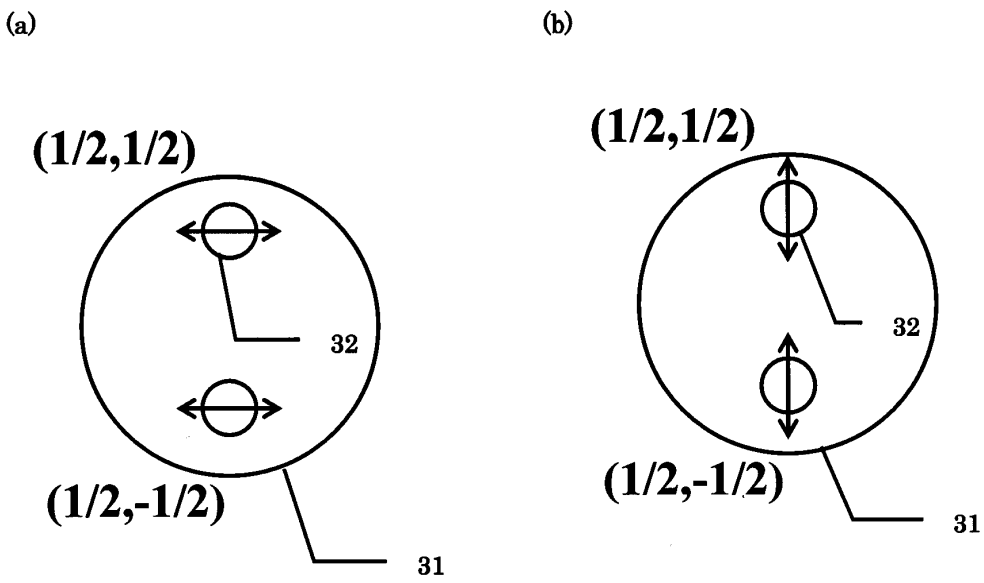
(b)



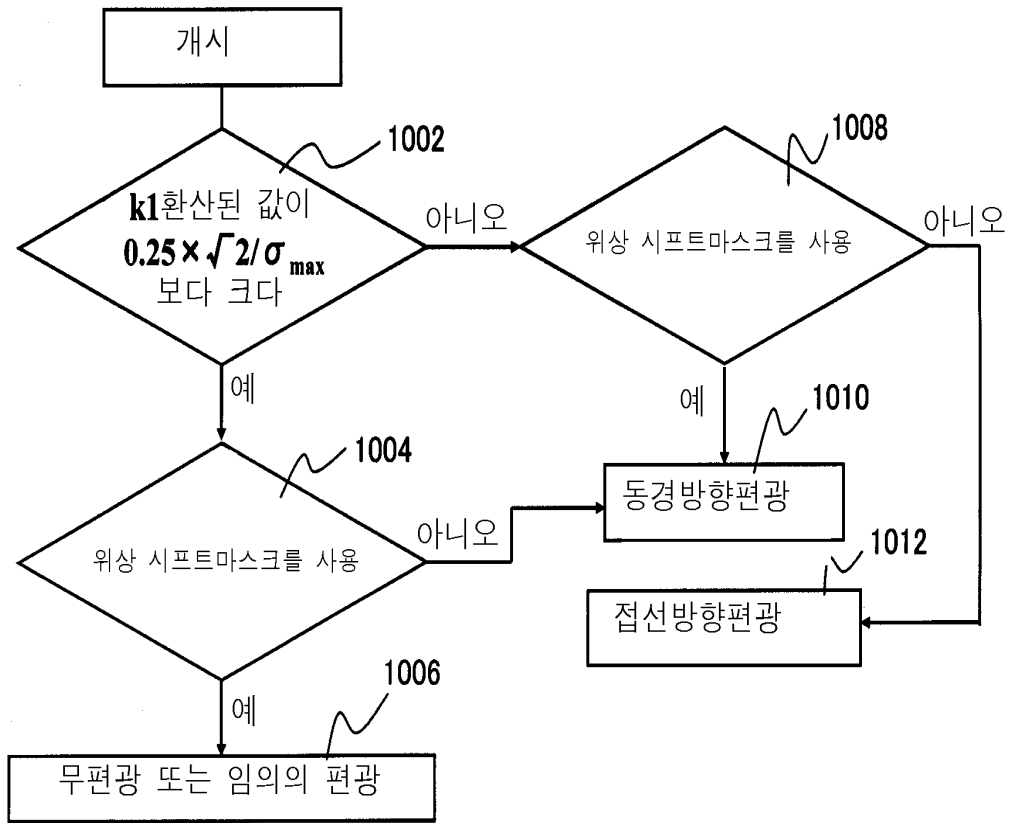
도면5



도면6

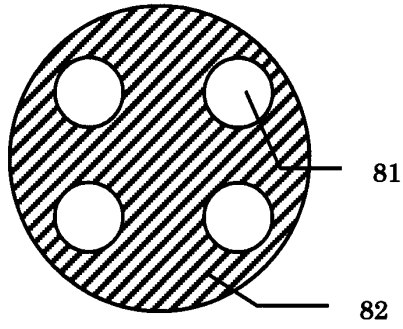


도면7

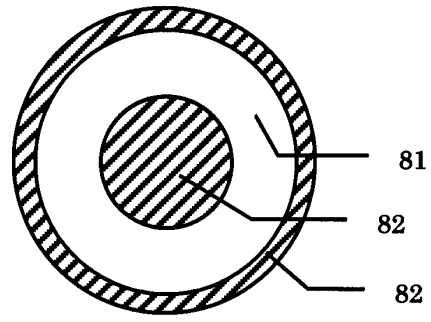


도면8

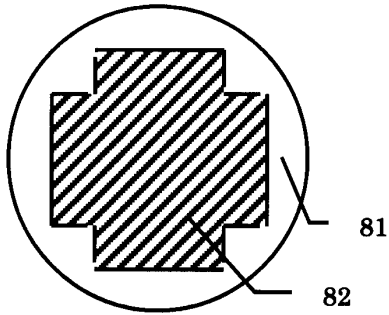
(a)



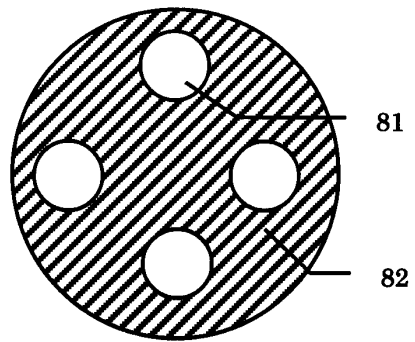
(b)



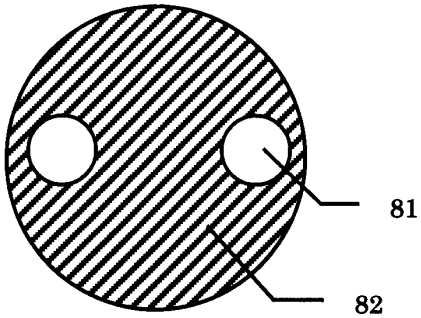
(c)



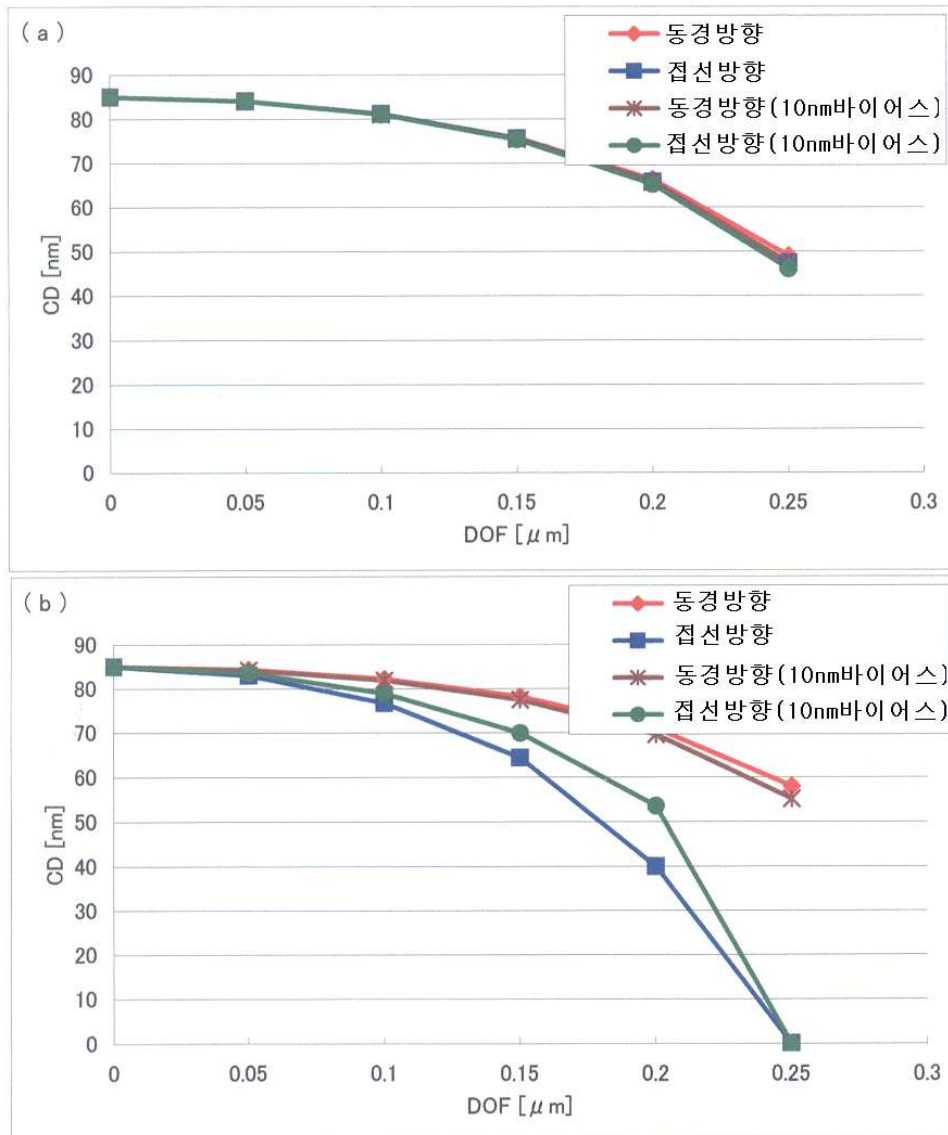
(d)



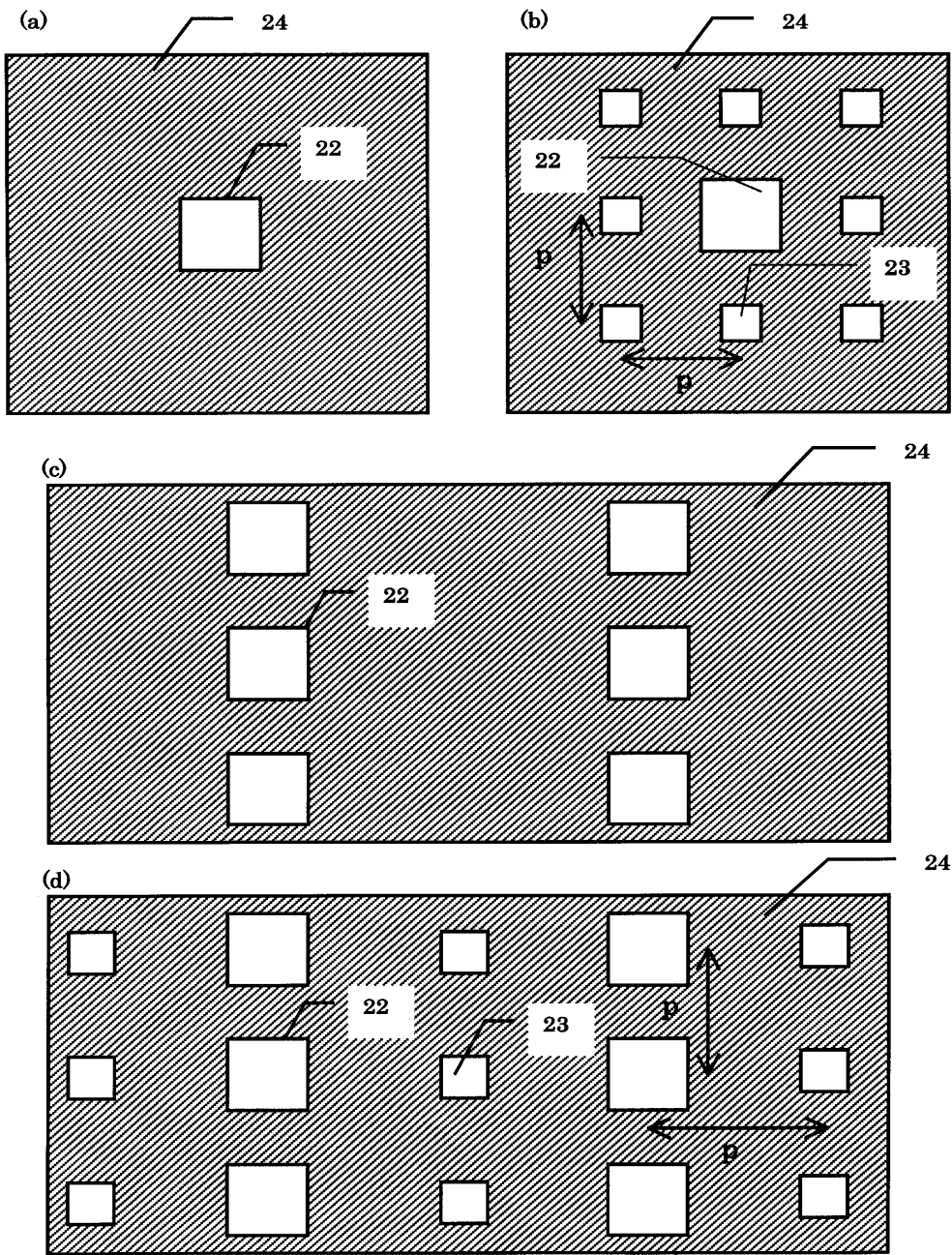
(e)



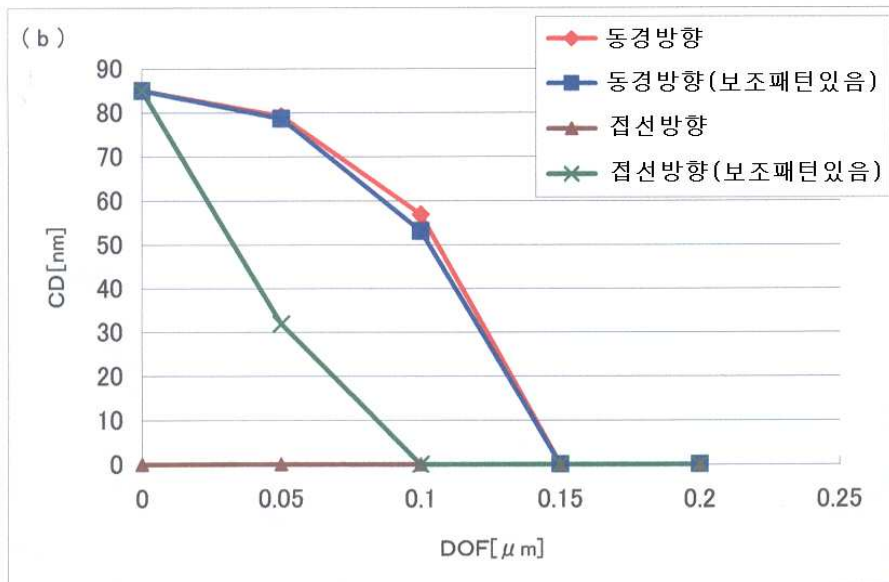
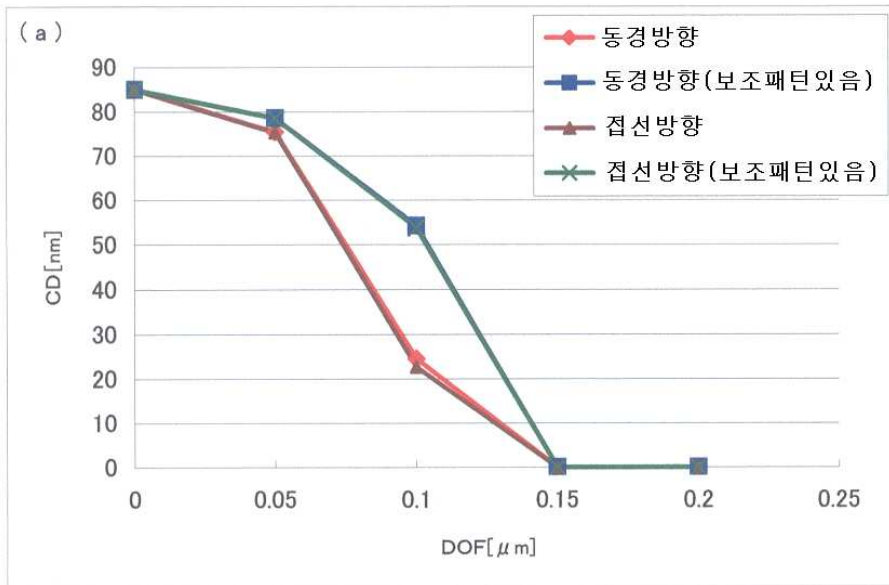
도면9



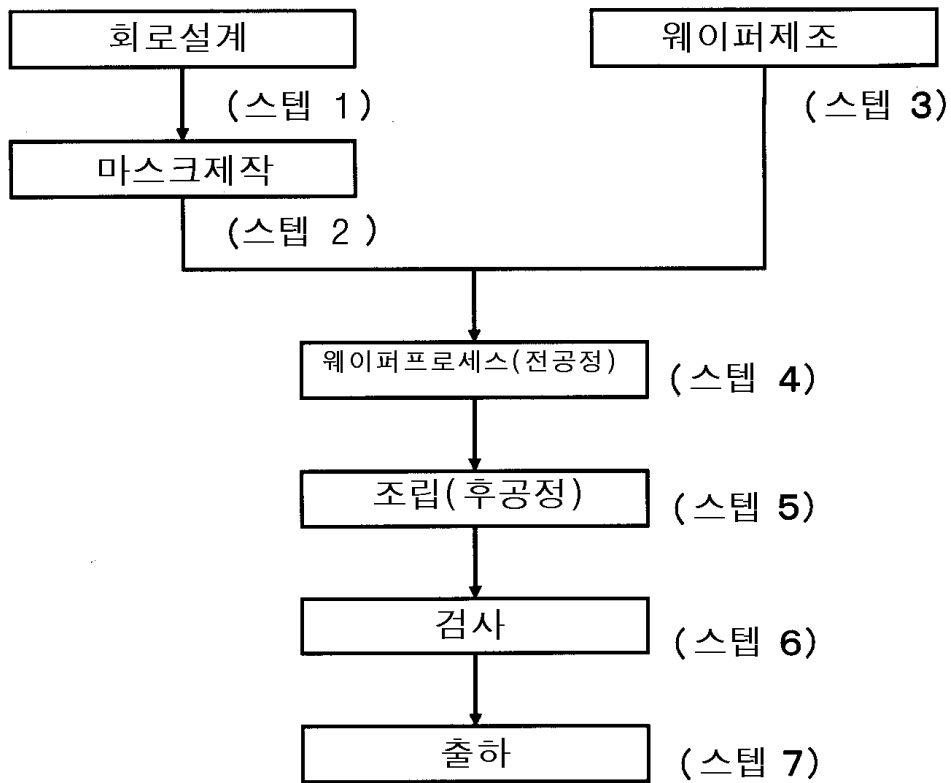
도면10



도면11



도면12



도면13

