



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년01월19일
(11) 등록번호 10-1698235
(24) 등록일자 2017년01월13일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-0158237
(22) 출원일자 2013년12월18일
심사청구일자 2015년01월09일
- (65) 공개번호 10-2014-0085320
(43) 공개일자 2014년07월07일
- (30) 우선권주장
JP-P-2012-284351 2012년12월27일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현
JP11087230 A*
KR1020020080482 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 심병로

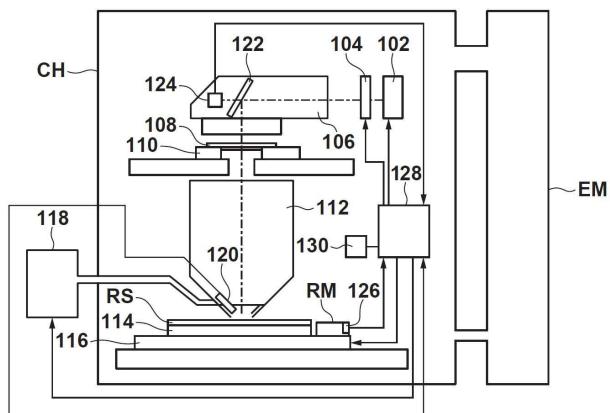
(54) 발명의 명칭 노광 장치 및 디바이스 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 기판을 노광하며, 광원으로부터의 광을 이용하여 마스크를 조명하도록 구성된 조명 광학계, 상기 마스크 위의 패턴으로부터의 광을 이용하여 상기 기판을 조사하도록 구성된 투영 광학계, 상기 투영 광학계와 상기 기판과의 사이의 공간에서의 산소 농도를 조정하도록 구성된 조정 유닛, 상기 기판 위에 인가된 광의 조도의 데이터를 취득하도록 구성된 취득 유닛, 및 상기 취득 유닛에 의해 취득된 상기 조도의 데이터에 기초하여, 상기 공간에서의 상기 산소 농도를 소정의 농도 값으로 설정하기 위해 상기 조정 유닛을 제어하도록 구성된 제어 유닛을 포함하는 노광 장치를 제공한다.

대 표 도 - 도1

1



명세서

청구범위

청구항 1

기판을 노광하는 노광 장치로서,

광원으로부터의 광을 이용하여 마스크를 조명하도록 구성된 조명 광학계;

상기 조명 광학계에 의해 조명되는 상기 마스크 상의 패턴을 상기 기판 상에 투영하도록 구성된 투영 광학계;

상기 투영 광학계와 상기 기판 사이의 공간에서의 산소 농도를 조정하도록 구성된 조정 유닛;

상기 기판에 인가되는 광의 조도 데이터를 취득하도록 구성된 취득 유닛; 및

상기 마스크 상의 패턴을 상기 공간을 통해 상기 취득된 조도 데이터에 대응하는 조도로 상기 기판에 투영하는 경우 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 허용 범위 내에 속하도록 상기 공간에서의 산소 농도 값을 결정하고, 상기 공간에서의 산소 농도를 결정된 상기 산소 농도 값을 설정하게끔 상기 조정 유닛을 제어하도록 구성된 제어 유닛을 포함하는, 노광 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 기판 상에 도포되는 레지스트의 유형에 따라 상기 취득된 조도 데이터에 기초하여 결정되는 산소 농도 값을 변경하는, 노광 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한, 상기 기판에 인가되는 광의 조도와 상기 공간에서의 산소 농도 간의 대응 관계를 나타내는 제1 정보를 기억하도록 구성된 기억 유닛을 더 포함하고,

상기 제어 유닛은, 상기 기억 유닛에 기억된 상기 제1 정보에 기초하여, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한 상기 공간에서의 산소 농도 값을 산출하는, 노광 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 제어 유닛은, 상기 취득된 조도 데이터 및 산출된 상기 산소 농도 값에 기초하여, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한 상기 기판에 인가되는 광의 적산량을 산출하는, 노광 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 기억 유닛은, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한, 상기 기판에 인가되는 광의 조도, 상기 공간에서의 산소 농도, 및 상기 기판에 인가되는 광의 적산량 간의 대응 관계를 나타내는 제2 정보를 기억하고,

상기 제어 유닛은, 상기 기억 유닛에 기억된 상기 제2 정보에 기초하여, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한 상기 기판에 인가되는 광의 적산량을 산출하는, 노광 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 기판에 인가되는 광의 조도를 조정하도록 구성된 조도 조정 유닛; 및

상기 기판에 인가되는 광의 조도를 측정하도록 구성된 제1 측정 유닛을 더 포함하고,

상기 제어 유닛은, 상기 투영 광학계로부터의 광이 상기 기판 상에 투영되는 동안, 상기 제1 측정 유닛에 의해 측정되는 조도를, 상기 공간에서의 상기 산소 농도 값이 결정되었을 때 취득되는 조도로 유지하도록 상기 조도 조정 유닛에 의한 조도의 조정을 제어하는, 노광 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 공간에서의 산소 농도를 측정하도록 구성된 제2 측정 유닛을 더 포함하고,

상기 제어 유닛은, 상기 투영 광학계로부터의 광이 상기 기판 상에 투영되는 동안, 상기 제2 측정 유닛에 의해 측정된 산소 농도를 상기 결정된 산소 농도 값으로 유지하도록 상기 조도 조정 유닛을 제어하는, 노광 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기판에 인가되는 광의 조도를 측정하도록 구성된 제1 측정 유닛을 더 포함하고,

상기 제어 유닛은, 상기 투영 광학계로부터의 광이 상기 기판 상에 투영되는 동안 상기 기판에 인가되는 광의 조도를 측정하도록 상기 제1 측정 유닛을 제어하는 것, 상기 제1 측정 유닛에 의해 측정된 상기 조도에 기초하여, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한 상기 공간에서의 산소 농도 값을 산출하는 것, 및 상기 공간에서의 상기 산소 농도를 산출된 상기 산소 농도 값으로 설정하도록 상기 조도 조정 유닛을 제어하는 것을 반복하는, 노광 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 공간에서의 산소 농도를 측정하도록 구성된 제2 측정 유닛; 및

상기 기판에 인가되는 광의 조도를 조정하도록 구성된 조도 조정 유닛을 더 포함하고,

상기 제어 유닛은, 상기 투영 광학계로부터의 광이 상기 기판 상에 투영되는 동안 상기 공간에서의 산소 농도를 측정하도록 상기 제2 측정 유닛을 제어하는 것, 상기 제2 측정 유닛에 의해 측정된 상기 산소 농도에 기초하여, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 상기 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한 상기 기판에 인가되는 광의 조도를 산출하는 것, 및 상기 기판에 인가되는 광의 조도를 산출된 상기 조도로 설정하도록 상기 조도 조정 유닛에 의한 조도 조정을 제어하는 것을 반복하는, 노광 장치.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 조정 유닛이, 상기 공간에 불활성 가스를 공급하도록 구성된 공급 유닛인 노광 장치.

청구항 11

기판을 노광하는 노광 장치로서,

광원으로부터의 광을 이용하여 마스크를 조명하도록 구성된 조명 광학계;

상기 조명 광학계에 의해 조명되는 상기 마스크 상의 패턴을 상기 기판 상에 투영하도록 구성된 투영 광학계;

상기 투영 광학계와 상기 기판 사이의 공간에서의 산소 농도를 조정하도록 구성된 조정 유닛;

상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한, 상기 공간에서의 산소 농도, 상기 기판에 인가되는 광의 조도, 및 상기 기판에 인가되는 광의 적산량 간의 대응 관계를 나타내는 정보

를 기억하도록 구성된 기억 유닛; 및

상기 기억 유닛에 기억된 대응 관계에 기초하여, 상기 산소 농도, 상기 조도 또는 상기 적산량의 값을 산출하도록 구성되고, 산출된 상기 값으로 되도록 상기 산소 농도, 상기 조도 또는 상기 적산량을 제어하도록 구성된 제어 유닛을 포함하는, 노광 장치.

청구항 12

디바이스 제조 방법으로서,

기판에 인가되는 광의 조도 데이터를 취득하는 단계;

마스크 상의 패턴을 상기 기판과 투영 광학계 사이의 공간을 통해 상기 취득된 조도 데이터에 대응하는 조도로 상기 기판에 투영하는 경우, 상기 기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값이 허용 범위 내에 속하도록 상기 공간에서의 산소 농도 값을 결정하는 단계;

상기 공간에서의 산소 농도를 결정된 상기 산소 농도 값으로 설정하는 단계;

상기 기판을 설정된 상기 산소 농도에 노출하는 단계;

노출된 상기 기판에 대하여 현상 처리를 행하는 단계; 및

현상된 상기 기판으로부터 디바이스를 제조하는 단계를 포함하는, 디바이스 제조 방법.

청구항 13

제3항에 있어서,

상기 기억 유닛은 상기 기판 상에 도포되는 레지스트의 각 유형마다 상기 제1 정보를 기억하는, 노광 장치.

청구항 14

디바이스 제조 방법으로서,

기판 상에 형성되는 패턴의 평가 값을 허용 범위 내에 속하게 하는 데 필요한, 상기 기판과 투영 광학계 사이의 공간에서의 산소 농도, 상기 기판에 인가되는 광의 조도, 및 상기 기판에 인가되는 광의 적산량 간의 상관 관계를 나타내는 정보를 취득하는 단계;

상기 상관 관계를 나타내는 정보에 기초하여, 상기 산소 농도, 상기 조도, 또는 상기 적산량의 값을 산출하는 단계;

산출된 상기 값으로 되도록 상기 산소 농도, 상기 조도, 또는 상기 적산량을 제어하는 단계;

상기 기판을 제어된 상기 산소 농도, 상기 조도, 또는 상기 적산량에 노출하는 단계;

노출된 상기 기판에 대하여 현상 처리를 행하는 단계; 및

현상된 상기 기판으로부터 디바이스를 제조하는 단계를 포함하는, 디바이스 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 노광 장치 및 디바이스 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 염색법, 인쇄법, 전착/전해법 및 안료 분산법 등의 다양한 컬러 필터의 제조 방법이 이용가능하다. 이들 방법 중, 제조의 안정성 및 간이성 때문에 안료 분산법이 주류로 되어 있다. 대표적인 안료 분산법인 감광 아크릴법에서는, 아크릴로 이드계 감광성 수지를 포함하고, 착색 기능과 감광 기능 둘 다를 갖는 컬러 레지스트에 대하여, 포토리소그래피에 의해 패턴을 형성한다.

[0003] 컬러 레지스트는, 네가티브 레지스트이다. 이 때문에, 노광 광을 이용한 레지스트의 조사는, 반응에 기여하는 라디칼을 발생하고, 중합체를 광중합시켜, 현상액에 불용성이 되게 한다. 그러나, 컬러 레지스트에 포함되는

안료 성분은 노광 광을 흡수하기 쉽고, 발생된 라디컬은 공기 중에 존재하는 산소에 트랩된다는 점에 유의해야 한다. 이는, 광 중합 반응을 방해하는 경향이 있다. 따라서, 소정의 패턴 치수(형상)를 얻기 위해서는, 노광 양(dose)(노광 에너지)을 증가시킬 필요가 있어, 스루풋의 저하를 초래하게 된다.

[0004] 이러한 상황에서, 폴리비닐 알코올로 만들어진 막(산소를 차단하는 산소 차단막)을 레지스트 위에 형성(도포)하는 기술이 제안되어 있다. 이러한 기술은, 레지스트 위의 산소 차단막의 열악한 습윤성으로 인해 패턴 결함을 발생시킬 수 있다. 또한, 산소 차단막을 형성하는 단계를 추가하는 것은 비용을 증가시킨다. 또한, 산소 차단막을 형성해도 산소 농도를 제어할 수 없다. 이는, 미세한 패턴을 형성하는 경우에 있어서, 패턴 치수의 정밀도 제어에 대한 유연성을 감소시킨다.

[0005] 한편, 폴리비닐 알코올로 만들어진 산소 차단막을 레지스트 위에 형성하지 않고, 레지스트에 대해 질소(가스)를 분사해서 저(low) 산소 상태에서 노광을 행하는 기술도 일본 특허 공개 평 1-195445호 공보에 제안되어 있다. 또한, 레지스트의 종류에 따라, 산소 농도를 변경해서 레지스트를 노광하는 기술도 일본 특허 공개 제 2011-96859호 공보에 제안되어 있다.

[0006] 일본 특허 공개 제 2011-96859호 공보에 기재된 종래 기술에서는, 실험 등에 의해 각 레지스트에 최적인 산소 농도를 얻고, 각 산소 농도를 레시피에 등록한 뒤에 노광을 행하고 있다. 이 경우, 광학계의 투과율의 열화 또는 광원의 발광 강도의 열화로 인해 기판 위의 노광 광의 조도가 저하하면, 레지스트에 있어서의 광중합 반응이 변화할 수 있다. 레지스트에 있어서의 광중합 반응이 변화하는 경우, 미리 얻은 최적인 산소 농도에서의 노광을 행해도, 노광 광의 조도가 저하하기 때문에, 소정의 패턴 치수를 얻을 수 없다. 따라서, 노광량을 증가시킴으로써 패턴 치수를 최적화하는 것도 생각할 수 있다. 그러나, 이는, 스루풋을 저하시킨다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은, 스루풋의 저하를 억제하면서, 패턴을 기판 위에 전사하는 데 유리한 노광 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명의 한 양태에 따르면, 기판을 노광하는 노광 장치가 제공되며, 이 장치는 광원으로부터의 광을 이용해서 마스크를 조명하도록 구성된 조명 광학계, 마스크 위의 패턴으로부터의 광을 이용해서 기판을 조사하도록 구성된 투영 광학계, 투영 광학계와 기판과의 사이의 공간에서의 산소 농도를 조정하도록 구성된 조정 유닛, 기판에 인가된 광의 조도의 데이터를 취득하도록 구성된 취득 유닛, 및 취득 수단에 의해 얻어진 조도의 데이터에 기초하여 공간에서의 산소 농도를 소정의 농도 값으로 설정하도록 조정 수단을 제어하도록 구성된 제어 유닛을 포함한다.

[0009] 본 발명의 다른 양태는 첨부된 도면을 참조한 양호한 실시 형태의 다음 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 특징에 따른 노광 장치의 구성을 도시하는 개략도이다.

도 2는 도 1에 도시한 노광 장치에 있어서의 노광 처리의 일례를 설명하기 위한 흐름도이다.

도 3은 도 1에 도시한 노광 장치에 있어서의 노광 처리의 다른 예를 설명하기 위한 흐름도이다.

도 4는 기판에 인가된 광의 조도와, 투영 광학계와 기판 간의 국소 공간에서의 산소 농도와의 사이의 대응 관계를 나타내는 정보의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 5는 투영 광학계와 기판 간의 국소 공간에서의 산소 농도와, 기판 위의 노광량과의 사이의 대응 관계를 나타내는 정보의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 6은 기판에 인가된 광의 조도와, 기판 위에 전사된 패턴의 선 폭과의 관계를 도시하는 그래프이다.

도 7은 기판에 인가된 광의 조도와, 투영 광학계와 기판 간의 국소 공간에서의 산소 농도와, 기판 위에 전사된 패턴의 선 폭과의 관계를 도시하는 그래프이다.

도 8은 도 1에 도시한 노광 장치에 있어서의 노광 처리의 다른 예를 설명하기 위한 흐름도이다.

도 9는 도 1에 도시한 노광 장치에 있어서의 노광 처리의 다른 예를 설명하기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0011] 본 발명의 바람직한 실시 형태를 첨부 도면을 참조하여 설명한다. 동일한 참조 부호는 도면 전반에 걸쳐 동일한 부재를 나타내고, 반복 설명은 생략한다는 점에 유의해야 한다.
- [0012] 도 1은, 본 발명의 일 양태에 따른 노광 장치(1)의 구성을 나타내는 개략도이다. 노광 장치(1)는, 스텝 앤드 스캔(step and scan) 방식에 의해 레티클(마스크) 패턴을 기판에 전사하는 전사 처리를 행하는 리소그래피 장치이다. 단, 노광 장치(1)는, 스텝 앤드 리피트(step and repeat) 방식 등 그 밖의 노광 방식을 적용하는 것도 가능하다는 점에 유의해야 한다.
- [0013] 노광 장치(1)는, 광원(102), 디밍(dimming) 유닛(104), 조명 광학계(106), 레티클(108)을 보유 지지하면서 이동하는 레티클 스테이지(110), 투영 광학계(112), 및 기판(114)을 보유 지지하면서 이동하는 기판 스테이지(116)를 포함한다. 또한, 노광 장치(1)는, 가스 공급 유닛(118), 산소 농도계(120), 빔 스플리터(122), 적산 센서(124), 측정기(126), 제어 유닛(128) 및 기억 유닛(130)을 갖는다. 노광 장치(1)의 각 유닛은, 노광 챔버를 규정하는 챔버 CH의 내부에 배열된다. 챔버 CH의 내부의 분위기는, 분위기 유지 유닛 EM에 의해, 온도 및 습도가 제어되는 공기 분위기에 유지되어 있다.
- [0014] 수은 램프, ArF 액시머 레이저 또는 KrF 액시머 레이저 등의 광원(102)으로부터 방출된 광은, 디밍 유닛(104) 및 조명 광학계(106)를 통과해서 레티클(108)을 조명한다. 레티클(108) 위의 패턴을 통과한 광은, 투영 광학계(112)를 통해서 기판(114) 위에 도포된 레지스트 RS 위에 투영된다. 디밍 유닛(104)은, 광원(102)으로부터 방출된 광, 즉, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 조정하는 조정 유닛으로서 기능하고, 본 실시 형태에서는, ND 필터로 형성되어 있다. 단, 광원(102)을 형성하는 수은 램프에 인가된 전압을 변경함으로써, 또는 광원(102)과 조명 광학계(106) 간의 거리를 변경함으로써, 광의 조도를 조정하는 것이 가능하다는 점에 유의해야 한다.
- [0015] 레티클 스테이지(110)는 레티클(108)을 이동 가능하게 보유 지지한다. 기판 스테이지(116)는 기판(114)을 이동 가능하게 보유 지지한다. 기판 스테이지(116)의 단부에는, 교정을 위한 기준 마크 RM이 형성되어 있다.
- [0016] 가스 공급 유닛(118)(산소 농도 조정 유닛)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)(기판 스테이지(116)) 간의 공간(국소 공간)에 불활성 가스를 공급하고, 공간 내의 산소 농도를 조정한다. 본 실시 형태에서, 가스 공급 유닛(118)은, 가스 공급 노즐을 통해서, 공기와 불활성 가스와의 혼합 가스 또는 공기 중 어느 한쪽을 국소 공간에 공급한다. 불활성 가스는, 예를 들어 질소 가스를 포함한다. 가스 공급 유닛(118)은, 불활성 가스와 공기 간의 조성비가 상이하고, 산소 농도가 상이한 복수 종류의 혼합 가스를 개별로 수용하고, 혼합 가스로 치환된 국소 공간에서의 산소 농도를 변경할 수 있도록 구성될 수도 있다. 가스 공급 유닛(118)으로부터 공급된 가스로 치환된 국소 공간을, 기판(114)을 노광할 때에 혼합 가스의 확산을 방지함으로써 산소 농도를 효율적으로 저하시키기 위해서, 국소 공간을 둘러싸는 격벽 등으로 거의 폐쇄하는 것이 바람직하다.
- [0017] 산소 농도계(제2 측정 유닛)(120)는, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간의 근방에 배치되어, 국소 공간에서의 산소 농도를 측정한다. 또한, 산소 농도계(120)는, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 산소 농도의 대체 측정을 수행할 수 있는 위치에 배치되는 것도 가능하다. 예를 들어, 가스 공급 유닛(118)과 투영 광학계(112)(최종 면의 근방)과의 사이에 산소 농도계(120)의 배치는, 국소 공간에서의 산소 농도의 대체 측정을 행할 수 있게 한다.
- [0018] 빔 스플리터(122)는, 조명 광학계(106)를 통과한 후 레티클(108)을 조명하기 위한 광(노광 광)을, 기판(114)을 향해 전파하는 광과, 적산 센서(124)를 향해 전파하는 광으로, 예를 들어 1:몇백만분의 1의 광 강도의 비율로 분할한다. 적산 센서(124)는, 적산 센서(124)에 입사하는 광의 양(광량)을 적산함으로써, 기판(114)에 인가된 노광 광의 적산량(노광량)을 간접적으로 측정하기 위해서 사용된다.
- [0019] 측정기(제1 측정 유닛)(126)는, 기판 스테이지(116) 위에 배치되어, 기판(114)이 배치되어 있는 면, 즉, 투영 광학계(112)의 상면(image plane)에 입사하는 광의 조도 및 조도 분포를 측정한다. 즉, 측정기(126)는, 기판(114)에 입사하는 광의 조도 데이터 및 조도 분포 데이터를 취득하는 취득 유닛으로서 기능한다. 측정기(126)는, 예를 들어 핀홀(pinhole)을 갖는 차광판과, 핀홀을 통과한 광을 검출하는 광전 변환 디바이스를 포함한다. 측정기(126)에 포함되는 광전 변환 디바이스는, 1개의 광전 변환 디바이스에 한정되는 것이 아니라, 복수의 광전 변환 디바이스를 포함하는 라인 센서 또는 이미지 센서일 수 있다. 차광판의 핀홀의 면적에 관한 정보는, 기억 유닛(130)에 기억되고, 측정기(126)로부터의 출력에 기초하여 조도를 얻기 위해서 사용된다.

- [0020] 기판(114)에 인가된 광의 조도를 측정할 때에는, 장치는 측정기(126)가 목표 측정 위치의 근방에 배치되도록, 기판 스테이지(116)를 이동시킨다. 기판(114)에 인가된 광의 조도 분포를 측정할 때에는, 장치는 기판 스테이지(116)를, 예를 들어 소정의 스텝 폭으로 스텝 이동시키면서, 측정기(126)가 조도를 측정하게 한다. 그 다음, 장치는 기판 스테이지(116)의 복수의 위치(즉, 측정기(126)의 복수의 위치)와, 그들 각 위치에서 측정기(126)에서 측정한 복수의 조도에 기초하여, 기판(114)에 인가된 광의 조도 분포를 구한다.
- [0021] 제어 유닛(128)은, CPU 등을 포함하고, 노광 장치(1)의 전체(동작)를 제어한다. 본 실시 형태에서는, 제어 유닛(128)은, 광원(102), 디밍 유닛(104), 레터를 스테이지(110), 기판 스테이지(116), 가스 공급 유닛(118) 등을 통하여, 레터를(108) 위의 패턴을 기판(114) 위에 전사하는 전사 처리를 제어한다. 예를 들어, 제어 유닛(128)은, 산소 농도계(120)에서 측정한 산소 농도에 기초하여, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 목표 산소 농도로 설정하도록, 가스 공급 유닛(118)에 의한 혼합 가스(불활성 가스)의 공급을 제어한다. 제어 유닛(128)은, 적산 센서(124)에서 측정한 노광량에 기초하여, 광원(102)으로부터 방출된 광의 광 강도 및 디밍 유닛(104)에 있어서의 투과율을 제어한다. 또한, 제어 유닛(128)은, 측정기(126)의 출력으로부터 기판(114)에 입사하는 광의 조도를 산출하고, 이 산출된 조도에 기초하여, 광원(102)으로부터 방출된 광의 광 강도 및 디밍 유닛(104)에 있어서의 투과율을 제어한다. 이 경우, 제어 유닛(128)은, 측정기(126)의 출력을, 적산 센서(124)를 교정하기 위한 기준으로서 사용한다. 측정기(126)에서 측정한 조도와 적산 센서(124)에서 측정한 노광량과의 상관 관계를 미리 구해 두는 것으로, 제어 유닛(128)이, 적산 센서(124)에서 측정한 노광량에 기초하여, 기판(114)에 입사하는 광의 조도를 산출할 수 있게 한다. 제어 유닛(128)은, 산출한 조도에 기초하여, 광원(102)으로부터 방출된 광의 광 강도 또는 디밍 유닛(104)에 있어서의 투과율을 제어함으로써, 노광 처리 중에 조도를 조정하는 것이 가능하다.
- [0022] 도 2를 참조하여, 노광 장치(1)에 있어서의 노광 처리의 일례에 대해서 설명한다. 상술한 바와 같이, 제어 유닛(128)은 이러한 노광 처리를, 노광 장치(1)의 각 유닛을 통괄적으로 제어함으로써 행한다.
- [0023] 노광 장치(1)에 있어서, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도의 최적값, 기판(114)에 인가된 광의 조도의 최적값, 및 기판 위의 노광량의 최적값은, 기판(114)에 도포된 레지스트 RS의 종류에 따라 변한다. 이 경우, "최적값"은, 각각, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수의 값을 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 국소 공간에서의 산소 농도, 기판(114)에 인가된 광의 조도 및 기판 위의 노광량이다. 따라서, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수에 대한 산소 농도, 조도 및 노광량 간의 관계는 실험 등에 의해 미리 취득해서 기억 유닛(130)에 기억해 둔다. 이 경우, 그러한 관계는 단독으로 기억되는 대신에, 노광 레시피(exposure recipe)로서 기억될 수 있다. 기판(114)에 도포될 레지스트 RS가 복수의 컬러 레지스트로부터 선택된 레지스트인 경우, 청색 레지스트, 녹색 레지스트 및 적색 레지스트는, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수에 대해 산소 농도, 조도 및 노광량이 상이하다. 따라서, 본 실시 형태에서는, 레지스트의 종류마다, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수에 대한 산소 농도, 조도 및 노광량 간의 대응 관계를 나타내는 정보를 취득하고, 그 정보를 노광 레시피로서 기억 유닛(130)에 기억해 두고 있다.
- [0024] 도 2를 참조하면, 단계 S202에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기억 유닛(130)에 기억된 노광 레시피로부터, 노광 처리에 필요한 조도 데이터(즉, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 데이터)를 취득한다.
- [0025] 단계 S204에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판(114)에 인가될 광의 조도를 설정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 기판(114)에 인가될 광의 조도를 단계 S202에서 취득한 조도로 설정하기 위해서, 적산 센서(124) 또는 측정기(126)를 사용하여 광원(102) 또는 디밍 유닛(104) 중 적어도 한쪽을 제어한다.
- [0026] 단계 S206에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기억 유닛(130)에 기억된 노광 레시피로부터, 노광 처리에 필요한 산소 농도 데이터(즉, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 데이터)를 취득한다.
- [0027] 단계 S208에 있어서, 제어 유닛(128)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 설정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 국소 공간에서의 산소 농도를 단계 S206에서 취득한 산소 농도로 설정하기 위해서, 산소 농도계(120)를 사용하여 가스 공급 유닛(118)을 제어한다.
- [0028] 단계 S210에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기억 유닛(130)에 기억된 노광 레시피로부터, 노광 처리에 필요한 노광량의 데이터(즉, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 데이터)를 취득한다.

- [0029] 단계 S212에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판(114)(기판 위에 도포된 레지스트 RS)을 노광한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 기판(114)에 대하여, 단계 S208에서 설정한 산소 농도의 분위기 하에서, 단계 S204에서 설정한 조도로 기판(114)의 노광을 개시한다(즉, 투영 광학계(112)로부터의 노광 광을 이용한 기판(114)에의 조사를 개시한다). 기판 위의 노광량이 단계 S210에서 취득한 노광량에 도달하면, 제어 유닛(128)은 기판(114)의 노광을 종료한다(즉, 투영 광학계(112)로부터의 노광 광을 이용한 기판(114)에의 조사를 종료한다).
- [0030] 도 2에 도시한 노광 처리에 의하면, 장치는 레지스트의 종류에 따른 최적의 조도로 기판(114)을 노광할 수 있기 때문에, 기판(114) 위에 전사되는 레티클(108) 위의 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 있게 한다.
- [0031] 노광을 계속하면, 기판(114)에 인가된 광의 조도가 저하될 수 있다(즉, 소정의 조도를 얻을 수가 없다). 예를 들어, 광원(102)이 열화되는 경우, 특히, 광원(102)으로서 수은 램프가 사용되면, 2개월 내에 30% 정도의 조도가 저하하는 것으로 알려져 있다. 또한, 중장기에 걸쳐서, 조명 광학계(106) 또는 투영 광학계(112)의 투과율이 저하된다. 이 경우에, 광원(102)이 교체되더라도, 레지스트의 종류에 따른 최적의 조도를 실현할 수 없다. 이는, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 없게 한다. 이러한 경우에는, 예를 들어 도 3에 도시한 노광 처리를 행함으로써, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 할 수 있다.
- [0032] 도 3은, 노광 장치(1)에 있어서의 노광 처리의 다른 예를 설명하기 위한 흐름도이다. 이러한 노광 처리는, 상술한 바와 같이, 제어 유닛(128)이 노광 장치(1)의 각 유닛을 통괄적으로 제어함으로써, 행해진다.
- [0033] 상술한 바와 같이, 노광 장치(1)에 있어서, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도의 최적값, 기판(114)에 인가된 광의 조도의 최적값, 및 기판 위의 노광량의 최적값은, 기판(114)에 도포되는 레지스트 RS의 종류에 따라 상이하다. 따라서, 기판(114) 위에 전사될 패턴의 치수에 대한 산소 농도, 조도 및 노광량 간의 관계는 실험 등에 의해 미리 취득해서 기억 유닛(130)에 기억해 둔다.
- [0034] 또한, 기판(114)에 인가된 광의 조도가 변화할 때에, 장치는 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 산소 농도 데이터를 미리 취득해서, 기억 유닛(130)에 기억해 둔다. 즉, 장치는, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한, 기판(114)에 인가된 광의 조도와, 투영 광학계(112)와 기판(114) 간의 국소 공간에서의 산소 농도와의 사이의 대응 관계를 나타내는 정보(제1 정보)를 미리 기억 유닛(130)에 기억해 둔다.
- [0035] 구체적으로는, 도 4에 도시한 바와 같이, 기판(114)에 인가된 광의 조도와, 국소 공간에서의 산소 농도와의 사이의 대응 관계를 함수로 근사하여 얻은 정보를 미리 기억 유닛(130)에 기억해 둠으로써, 임의의 조도에 대하여 최적의 산소 농도를 산출하는 것이 가능하게 된다. 또한, 이러한 정보는 레지스트의 종류에 따라 상이하기 때문에, 그러한 정보를 레지스트의 종류마다 미리 기억해 두는 것이 바람직하다. 예를 들어, 도 4를 참조하면, DIR1, DIR2, DIR3 및 DIR4는, 적색 레지스트에 대하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 조도와 산소 농도 간의 대응 관계를 나타내고 있다. DIR은, DIR1 내지 DIR4에 의해 나타낸 대응 관계를 근사한 함수를 나타내고 있다. 도 4를 참조하면, DIG1, DIG2, DIG3 및 DIG4는, 녹색 레지스트에 대하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 조도와 산소 농도 간의 대응 관계를 나타내고 있다. DIG는, DIG1 내지 DIG4에 의해 나타낸 대응 관계를 근사한 함수를 나타내고 있다. 단, 이 경우, 장치는, 기판 위의 노광량을 일정 값으로 유지하면서, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 조도와 산소 농도 간의 대응 관계를 얻는다는 점에 유의해야 한다. 도 4에서는, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 획축으로 해서 사용하고, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 종축으로 해서 사용하고 있다.
- [0036] 또한, 장치는, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도가 변화할 때에, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 기판 위의 노광량의 데이터를 미리 취득해서, 기억 유닛(130)에 기억해 둔다. 즉, 장치는, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한, 투영 광학계(112)와 기판(114) 간의 국소 공간에서의 산소 농도와 기판 위의 노광량과의 사이의 대응 관계를 나타내는 정보를 미리 기억 유닛(130)에 기억해 둔다.
- [0037] 구체적으로는, 도 5에 도시한 바와 같이, 투영 광학계(112)와 기판(114) 간의 국소 공간에서의 산소 농도와 기판 위의 노광량 간의 대응 관계를 함수로 근사하여 얻은 정보를 기억 유닛(130)에 미리 기억해 둠으로써, 임의의 산소 농도에 대하여 최적의 노광량을 산출하는 것이 가능하게 된다. 또한, 이러한 정보는 레지스트의 종류에 따라 상이하기 때문에, 레지스트의 종류마다 기억해 두는 것이 바람직하다.

- [0038] 예를 들어, 도 5를 참조하면, DER1, DER2, DER3 및 DER4는, 적색 레지스트에 대하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 노광량과 산소 농도 간의 대응 관계를 나타내고 있다. 그리고, DER은, DER1 내지 DER4에 의해 나타낸 대응 관계를 근사한 함수를 나타내고 있다. 도 5를 참조하면, DEG1, DEG2, DEG3 및 DEG4는, 녹색 레지스트에 대하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 노광량과 산소 농도 간의 대응 관계를 나타내고 있다. DEG는, DEG1 내지 DEG4에 의해 나타낸 대응 관계를 근사한 함수를 나타낸다. 단, 이 경우, 장치는, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 일정 값으로 유지하면서, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 노광량과 산소 농도 간의 관계를 얻는다는 점에 유의해야 한다. 도 5에서는, 기판 위의 노광량을 획축으로 해서 사용하고, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 종축으로 해서 사용하고 있다.
- [0039] 장치는, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도, 기판(114)에 인가된 광의 조도, 및 기판 위의 노광량 간의 관계를 개별로 최적화하여 얻은 정보를 기억 유닛(130)에 기억해 둘 수도 있다. 대안적으로, 장치는, 도 4 및 도 5에 도시한 대응 관계, 즉, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한, 조도, 국소 공간에서의 산소 농도, 및 노광량 간의 대응 관계를 조합한 3차원 함수를 나타내는 정보(제2 정보)를 기억 유닛(130)에 기억해 둘 수 있다. 장치는, 조도, 국소 공간에서의 산소 농도 및 노광량 이외에, 노광 열 및 노광 대기 시간을 파라미터로서 포함하는 다항식 함수를 기억 유닛(130)에 기억해 둘 수 있다는 점에 유의해야 한다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 단계 S302에 있어서, 제어 유닛(128)은, 적산 센서(124) 또는 측정기(126)를 사용하여, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 측정한다. 이와 같은 방식으로, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 실제로 측정함으로써, 노광 처리 시에 최적의 산소 농도의 산출이 가능하게 된다. 대안적으로, 각 시각에 있어서 기판(114)에 인가된 광의 조도 및 조도의 일시적 열화를 나타내는 조도 정보를, 기억 유닛(130) 등이 기억하고 있는 경우에는, 그러한 조도 정보로부터, 기판(114)에 인가된 광의 조도 데이터를 취득할 수 있다.
- [0041] 단계 S304에 있어서, 제어 유닛(128)은, 단계 S302에서 측정한 조도 및 기억 유닛(130)에 기억된 조도와 산소 농도 간의 대응 관계(도 4 참조)에 기초하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하기 위해 필요한 산소 농도를 산출한다.
- [0042] 단계 S306에 있어서, 제어 유닛(128)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 설정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 국소 공간에서의 산소 농도를 단계 S304에서 결정한 산소 농도로 설정하기 위해서, 산소 농도계(120)를 사용하여, 가스 공급 유닛(118)을 제어한다.
- [0043] 단계 S308에 있어서, 제어 유닛(128)은, 노광 장치(1)에 설정된 모드가 노광량 변경 모드인지의 여부를 판정한다. 이 경우, 노광량 변경 모드는, 기판(114)에 인가된 광의 조도 또는 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도의 변화에 따라, 기판 위의 노광량을 변화시키는 모드이다. 노광량의 변화가 스루풋에 영향을 주기 때문에, 노광량을 일정 값으로 유지하는 모드(통상 모드)가 일반적으로, 노광 장치에서 디폴트로서 설정되어 있다. 단, 조도 또는 노광량이 크게 변화하는 경우에, 노광량을 일정 값으로 유지하는 것은, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 없게 하기 때문에, 본 실시 형태는, 유저로부터의 지시에 따라 노광량 변경 모드를 설정하도록 구성된다. 노광 장치(1)에서 노광량 변경 모드가 설정되어 있는 경우에, 처리는 단계 S310으로 이행한다. 노광 장치(1)에서 노광량 변경 모드가 설정되어 있지 않은(즉, 통상 모드가 설정되어 있는) 경우에는, 처리는 단계 S312로 이행한다.
- [0044] 단계 S310에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판 위의 노광량을 산출한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 단계 S304에서 산출한 산소 농도, 및 기억 유닛(130)에 기억된 노광량과 산소 농도 간의 대응 관계(도 5 참조)에 기초하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 노광량을 산출한다. 대안적으로, 제어 유닛(128)은, 단계 S302에서 측정한 조도, 단계 S304에서 산출한 산소 농도, 및 기억 유닛(130)에 기억된 조도와 산소 농도 간의 대응 관계에 기초하여, 노광량을 산출할 수 있다.
- [0045] 단계 S312에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기억 유닛(130)에 기억된 노광 레시피로부터, 노광 처리에 필요한 노광량 데이터를 취득한다.
- [0046] 단계 S314에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판(114)(기판에 도포된 레지스트 RS)을 노광한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 단계 S306에서 설정한 산소 농도의 분위기 하에서, 기판(114)에 대한 노광을 개시한다(즉, 투영 광학계(112)로부터의 노광 광을 이용하여 기판(114)에의 조사를 개시한다). 기판 위의 노광량이 단계 S310에서 산출한 노광량 또는 단계 S312에서 취득한 노광량에 도달하면, 제어 유닛(128)은 기판(114)에의 노광을 종료한

다(즉, 투영 광학계(112)로부터의 노광 광을 이용한 기판(114)에의 조사를 종료한다).

[0047] 하기에서, 도 3에 도시한 노광 처리에 의해 얻어진 효과에 대해서 설명한다. 도 6은, 기판(114)에 인가된 광의 조도와 기판(114) 위에 전사된 패턴의 선 폭과의 사이의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 6에서는, 조도를 횡축으로 해서 사용하고, 패턴의 선 폭을 종축으로 해서 사용하고 있다. 도 6을 참조하면, WIR1, WIR2, WIR3 및 WIR4는, 적색 레지스트에 대해서, 조도와 패턴의 선 폭과의 사이의 관계를 나타내고, WIR은, WIR2 내지 WIR4에 의해 나타낸 관계를 근사한 함수를 나타내고 있다. WIR1은, 노광 처리 시에 조도가 부족하기 때문에 레지스트에 있어서의 광중합 발생 물질에 충분한 에너지가 공급되지 않고, 패턴이 해상되지 않았다는 것을 나타낸다는 점에 유의해야 한다. 또한, 도 6을 참조하면, WIG1, WIG2, WIG3 및 WIG4는, 녹색 레지스트에 대해서, 조도와 패턴의 선 폭과의 사이의 관계를 나타내고, WIG는, WIG2 내지 WIG4에 의해 나타낸 관계를 근사한 함수를 나타내고 있다. WIG1은, WIR1과 마찬가지로, 패턴이 해상되지 않은 것을 나타내고 있다는 점에 유의해야 한다. 또한, 기판 위의 노광량의 증가로 인한 스루풋의 저하를 피하기 위해서, 노광량을 일정 값으로 유지하면서, 조도와 패턴의 선 폭과의 사이의 관계를 얻는 것이 바람직하다.

[0048] 도 6을 참조하여, 기판(114) 위에 전사될 패턴(목표 패턴)의 선 폭과 기판(114)에 인가된 광의 조도와의 사이의 관계를 설명한다. 일반적으로, 기판(114)을 노광할 때에는, 장치는 목표 패턴의 선 폭을 얻기 위해 노광 조건을 설정하고 있다. 예를 들어, 명백하게, 목표 패턴의 선 폭이 선 폭 TLW이 되면, 장치는 적색 레지스트에 대하여, WIR3에 대응하는 조도 IRR로 노광하고, 녹색 레지스트에 대하여, WIG4에 대응하는 조도 IRG로 노광함으로써, 목표 패턴의 선 폭 TLW을 얻을 수 있다.

[0049] 도 7은, 기판(114)에 인가된 광의 조도, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도, 및 기판(114)에 전사된 패턴의 선 폭과의 사이의 관계를 도시하는 그래프이다. 도 7을 참조하면, ERR1, ERR2, ERR3 및 ERR4는, 적색 레지스트에 대해서, 산소 농도 OD1로 노광하여 얻은 결과를 나타내고, EOD1은, ERR2 내지 ERR4에 의해 나타낸 결과를 근사한 함수를 나타내고 있다. ERR1은, 패턴이 해상되지 않은 것을 나타내고 있다는 점에 유의해야 한다. 또한, 도 7을 참조하면, ERR5, ERR6, ERR7 및 ERR8은, 녹색 레지스트에 대해서, 산소 농도 OD2로 노광하여 얻은 결과를 나타내고, EOD2는, ERR6 내지 ERR8에 의해 나타낸 결과를 근사한 함수를 나타내고 있다. ERR5는, 패턴이 해상되지 않은 것을 나타내고 있다는 점에 유의해야 한다.

[0050] 도 7로부터 명백하게, 목표 패턴의 선 폭 TLW를 얻기 위해서는, 산소 농도 OD2로 노광하는 경우에는, 장치는 기판(114)에 인가된 광의 조도를 조도 IR1로 설정하는 것을 알 수 있다. 기판(114)에 인가된 광의 조도가 저하하면, 광중합 반응이 저하되어, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 선 폭에 변동을 발생시킨다. 일반적으로, 광중합 반응을 증가시키기 위해서는, 노광량의 증가를 생각할 수 있다. 노광량은 조도와 노광 시간과의 곱으로 표현되기 때문에, 조도가 저하된 상태에서는, 노광 시간을 길게 할 필요가 있다. 이는, 스루풋이 저하되게 한다.

[0051] 한편, 장치가 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 낮게 한 상태에서 노광을 행하면, 산소에 의한 광중합 반응의 저해가 저감되기 때문에, 레지스트에 있어서의 광중합 반응이 진행하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 선 폭이 변동되게 한다. 따라서, 조도가 조도 IR1로부터 조도 IR2로 저하한 상태에서, 국소 공간에서의 산소 농도를 산소 농도 OD2로부터 산소 농도 OD1로 저하시켜서 노광함으로써, 목표 패턴의 선 폭 TLW를 얻는 것이 가능하게 된다. 또한, 산소에 의한 광중합 반응의 저해를 저감시킴으로써, 목표 패턴의 선 폭 TLW를 얻을 수 있기 때문에, 노광량을 증가시키는 것은 필요 없다. 이는, 스루풋의 저하를 방지할 수 있게 한다.

[0052] 본 실시 형태에서는, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수의 일례로서, 패턴의 선 폭에 대해서 설명했다. 단, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수는, 패턴의 선 폭에 한정되는 것이 아니라, 패턴의 측면의 수직성을 포함하는 패턴 형상, 또는 패턴에 대한 그 밖의 임의의 평가 지표일 수 있다는 점에 유의해야 한다.

[0053] 이와 같이, 도 3에 도시한 노광 처리에 의하면, 기판(114)에 인가된 광의 조도가 저하된 경우라도, 레지스트의 종류에 따른 최적의 조도로 기판(114)을 노광할 수 있다. 따라서, 노광 장치(1)는, 스루풋의 저하의 요인이 되는 노광량의 증가를 억제하면서, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 있게 한다.

[0054] 도 3에 도시한 노광 처리에서는, 제어 유닛(128)은, 적산 센서(124) 또는 측정기(126)에서 측정한 조도에 기초하여, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 산출하고, 이 산출된 산소 농도로 산소 농도를 설정하도록 가스 공급 유닛(118)을 제어한다. 제어 유닛(128)은, 적산 센서(124) 또는 측정기(126)에서 측정한 조도에 기초하여, 가스 공급 유닛(118)에 의한 불활성 가스의 공급량 등을 얻을 수 있고(즉, 산소 농도를 결정하는 것 대신에), 가스 공급 유닛(118)을 직접 제어할 수 있다는 점에 유의해야 한다.

- [0055] 또한, 장치가 기판(114)을 노광하고 있는 사이에, 기판(114)에 인가된 광의 조도 또는 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도가 크게 변동하는 경우가 있다. 이러한 경우에는, 장치는 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 없게 하기 때문에, 장치는 조도 또는 산소 농도에서의 변동(변동량)을 측정하고 피드백 제어를 행하면서 기판(114)을 노광할 수 있다.
- [0056] 도 8을 참조하여, 기판(114)에 인가된 광의 조도 또는 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도가 크게 변동할 경우에 있어서의 노광 처리에 대해서 설명한다. 단계 S802 내지 단계 S812에서의 처리가, 도 3에 도시한 단계 S302 내지 단계 S312에서와 동일한 처리이기 때문에, 처리에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0057] 단계 S814에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판(114)(기판에 도포된 레지스트 RS)에 대하여, 단계 S806에서 설정한 산소 농도의 분위기 하에서 노광을 개시한다(즉, 투영 광학계(112)로부터의 노광 광을 이용하여 기판(114)에의 조사를 개시한다).
- [0058] 단계 S816에 있어서, 제어 유닛(128)은, 적산 센서(124) 또는 측정기(126)를 사용하여, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 측정한다. 이와 같이, 노광을 개시하고 나서(즉, 투영 광학계(112)로부터의 광으로 기판(114)을 조사하는 동안), 기판(114)에 인가된 광의 조도를 측정하는 것은, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 단계 S802에서 측정한 조도로 유지하는 것을 가능하게 한다.
- [0059] 단계 S818에서는, 제어 유닛(128)이 기판(114)에 인가된 광의 조도에서의 변동(즉, 단계 S802에서 측정한 조도와 단계 S814에서 측정한 조도 간의 차분)이 허용 범위 내에 들어가는지의 여부를 판정한다. 이 경우, 조도의 변동에 대한 허용 범위는, 조도의 변동이 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수에 영향을 미치지 않는 범위로 설정된다. 조도의 변동이 허용 범위 내에 있지 않은 경우에는, 처리는 단계 S820으로 이행한다. 조도의 변동이 허용 범위 내에 있을 경우에는, 처리는 단계 S822로 이행한다.
- [0060] 단계 S820에 있어서, 제어 유닛(128)은, 단계 S816에서 측정한 조도에 기초하여, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 조정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 단계 S802에서 측정한 조도로 설정하기 위해서(즉, 단계 S802에서 측정한 조도를 유지하기 위해서), 광원(102)으로부터 방출된 광의 광 강도 또는 디밍 유닛(104)에 있어서의 투과율을 제어한다.
- [0061] 단계 S822에 있어서, 제어 유닛(128)은, 산소 농도계(120)를 사용하여, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 측정한다. 노광의 개시로부터(즉, 투영 광학계(112)로부터의 광으로 기판(114)을 조사하는 동안), 국소 공간에서의 산소 농도를 측정함으로써, 산소 농도를 단계 S806에서 설정한 산소 농도로 유지하는 것이 가능하게 된다.
- [0062] 단계 S824에 있어서, 제어 유닛(128)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도의 변동(즉, 단계 S806에서 설정한 산소 농도와 단계 S822에서 측정한 산소 농도 간의 차분)이 허용 범위 내에 있는지의 여부를 판정한다. 이 경우, 산소 농도의 변동에 대한 허용 범위는, 산소 농도의 변동이 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수에 영향을 미치지 않는 범위로 설정된다. 산소 농도의 변동이 허용 범위 내에 있지 않은 경우에는, 처리는 단계 S826로 이행한다. 산소 농도의 변동이 허용 범위 내에 있을 경우에는, 처리는 단계 S828로 이행한다.
- [0063] 단계 S826에 있어서, 제어 유닛(128)은, 단계 S822에서 측정한 산소 농도에 기초하여, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 조정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 단계 S806에서 설정한 산소 농도로 설정하도록(즉, 단계 S806에서 설정한 산소 농도를 유지하도록), 가스 공급 유닛(118)을 제어한다.
- [0064] 단계 S828에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판 위의 노광량이 단계 S810에서 산출한 노광량 또는 단계 S812에서 취득한 노광량(목표 노광량)에 도달했는지의 여부를 판정한다. 기판 위의 노광량이 단계 S810에서 산출한 노광량 또는 단계 S812에서 취득한 노광량에 도달하지 않은 경우에는, 처리는 단계 S830으로 이행하여, 기판(114)에 대한 노광을 계속한다. 기판 위의 노광량이 단계 S810에서 산출한 노광량 또는 단계 S812에서 취득한 노광량에 도달한 경우에는, 처리는 단계 S832로 이행하여, 기판(114)에 대한 노광을 종료한다.
- [0065] 이와 같이, 도 8에 나타낸 노광 처리에 의하면, 기판(114)에 인가된 광의 조도 또는 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도가 크게 변동하더라도, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 있게 한다.

- [0066] 기판(114)에 인가된 광의 조도 또는 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도에서의 변동의 주기가 너무 작아서, 그 변동을 제어할 수 없는 경우도 있다. 이러한 경우에는, 예를 들어 도 9에 나타낸 노광 처리를 행함으로써, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가게 하는 것이 가능하게 된다. 단계 S902 내지 단계 S912에서의 처리는, 도 3에 도시하는 단계 S302 내지 S312에서와 동일한 처리이기 때문에, 그 처리에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0067] 단계 S914에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판(114)(기판에 도포된 레지스트 RS)에 대하여, 단계 S906에서 설정한 산소 농도의 분위기 하에서 노광을 개시한다(즉, 투영 광학계(112)로부터의 노광 광을 이용하여 기판(114)에의 조사를 개시한다).
- [0068] 단계 S916에 있어서, 제어 유닛(128)은, 노광 장치(1)에 설정된 모드가 조도 제어 모드 인지의 여부를 판정한다. 이 경우, 조도 제어 모드는, 투영 광학계(112)로부터의 광으로 기판(114)을 조사하는 동안, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 측정하는 것과, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 결정/설정하는 것을 반복하는 모드이다. 본 실시 형태에서는, 노광 장치(1)에 조도 제어 모드가 설정되어 있지 않은 경우에는, 산소 농도 제어 모드가 설정되어 있는 것으로 한다. 산소 농도 제어 모드는, 투영 광학계(112)로부터의 광으로 기판(114)을 조사하는 동안, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 측정하는 것과, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 결정/설정하는 것을 반복하는 모드이다.
- [0069] 노광 장치(1)에 조도 제어 모드가 설정되어 있는 경우에는, 처리는 단계 S918로 이행한다. 단계 S918에 있어서, 제어 유닛(128)은, 산소 농도계(120)를 사용하여, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 측정한다. 단계 S920에 있어서, 제어 유닛(128)은, 단계 S918에서 측정한 산소 농도, 및 기억 유닛(130)에 기억된 산소 농도와 노광량 간의 상대적 관계에 기초하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어가도록 하기 위해 필요한 조도를 산출한다. 단계 S922에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 조정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 단계 S920에서 산출한 조도로 설정하기 위해서, 광원(102)으로부터 방출된 광의 광 강도 또는 디밍 유닛(104)에 있어서의 투과율을 제어한다.
- [0070] 노광 장치(1)에 조도 제어 모드가 설정되어 있지 않은(즉, 산소 농도 제어 모드가 설정되어 있는) 경우에는, 처리는 단계 S924로 이행한다. 단계 S924에 있어서, 제어 유닛(128)은, 적산 센서(124) 또는 측정기(126)를 사용하여, 기판(114)에 인가된 광의 조도를 측정한다. 단계 S926에 있어서, 제어 유닛(128)은, 단계 S924에서 측정한 조도, 및 기억 유닛(130)에 기억된 산소 농도와 노광량 간의 상대적 관계에 기초하여, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 만드는 데 필요한 국소 공간에서의 산소 농도를 산출한다. 단계 S928에 있어서, 제어 유닛(128)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 조정한다. 구체적으로, 제어 유닛(128)은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 단계 S926에서 산출한 산소 농도로 설정하기 위해서, 가스 공급 유닛(118)을 제어한다.
- [0071] 단계 S930에 있어서, 제어 유닛(128)은, 기판 위의 노광량이 단계 S910에서 산출한 노광량 또는 단계 S912에서 취득한 노광량(목표 노광량)에 도달했는지의 여부를 판정한다. 기판 위의 노광량이 단계 S910에서 산출한 노광량 또는 단계 S912에서 취득한 노광량에 도달하지 않은 경우에는, 처리는 단계 S932로 이행하여, 기판(114)에 대한 노광을 계속한다. 기판 위의 노광량이 단계 S910에서 산출한 노광량 또는 단계 S912에서 취득한 노광량에 도달한 경우에는, 처리는 단계 S934로 이행하여, 기판(114)에 대한 노광을 종료한다.
- [0072] 이와 같이, 도 9에 나타낸 노광 처리에 의하면, 기판(114)에 인가된 광의 조도 또는 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도에서의 변동의 주기가 짧더라도, 기판(114) 위에 전사된 패턴의 치수를 허용 범위 내에 들어갈 수 있게 한다.
- [0073] 조도 제어 모드를 선택(설정)하는 지표의 일례에 대해서 설명한다. 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에 가스 공급 유닛(118)으로부터 불활성 가스를 공급하는 경우, 이러한 불활성 가스는 국소 공간에 존재하는 공기와 혼합된다. 이는, 국소 공간에서의 산소 농도가 산출된 산소 농도에 도달할 때까지 시간을 필요로 할 수 있다. 또한, 노광 장치(1)와 각 유닛 간의 간섭을 고려하면, 가스 공급 유닛(118)(이의 가스 공급 노즐)을 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간의 근방에 배치하는 것은 어렵다. 따라서, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도를 높은 응답성으로 제어하는 것은 어렵다.
- [0074] 또한, 광원(102)의 열화에 의한 조도의 저하에 비하여, 기판(114)을 노광하는 수 100 밀리초 정도의 단시간에 있어서의 조도의 변동은 작은 것으로 생각될 수 있다. 광원(102)으로부터 방출된 광의 조도는, 디밍 유닛

(104), 광원(102)에 인가된 전압, 광원(102)과 조명 광학계(106) 간의 거리 등에 의해, 용이하게 변경(조정)될 수 있다. 따라서, 기판(114)에 인가된 광의 조도를, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 국소 공간에서의 산소 농도의 조정에 비하여, 높은 응답성으로 제어하는 것이 가능하다.

[0075] 노광 장치(1)에서 디폴트로서 조도 제어 모드를 설정하는 것은, 투영 광학계(112)와 기판(114)과의 사이의 산소 농도에 대한 제어를 억제할 수 있어, 높은 스루풋으로 기판(114)의 노광을 가능하게 한다.

[0076] 이와 같이, 노광 장치(1)는, 스루풋에서의 저하를 억제하면서, 레터클(108) 위의 패턴을 기판(114) 위에 전사할 수 있다. 따라서, 노광 장치(1)는, 높은 스루풋으로 고품질의 디바이스(반도체 디바이스, 액정 표시 디바이스, 플랫 패널 디스플레이((FPD) 등)를 경제적으로 제공할 수 있다. 이러한 디바이스는, 노광 장치(1)를 사용해서, 포토레지스트(감광제)가 도포된 기판(웨이퍼, 유리 플레이트 등)을 노광하는 단계, 노광된 기판을 현상하는 단계, 및 기타 주지의 단계를 통해서 제조된다.

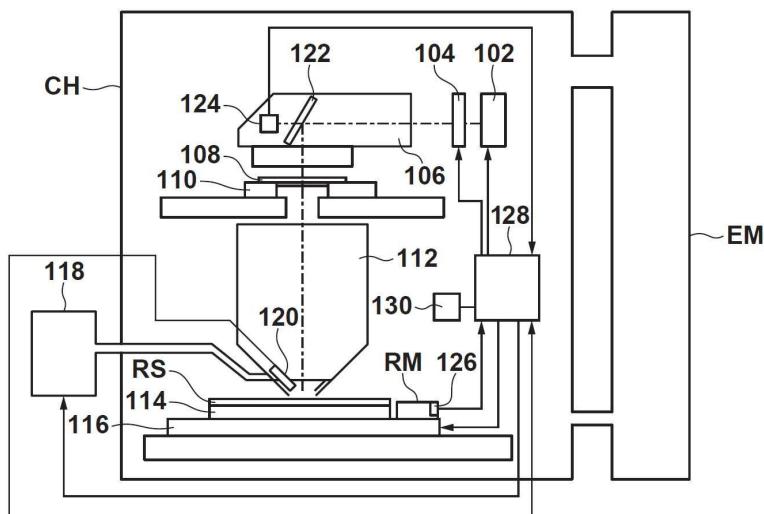
[0077] 광원을 노광 장치 외부에 설치하고, 광원으로부터의 광을 노광 장치의 조명 광학계로 유도하는 형태도 본 발명의 한 특징을 형성한다.

[0078] 본 발명은 양호한 실시 형태를 참고하여 설명되었지만, 본 발명이 개시된 실시 형태들에 한정되지 않는다는 것이 이해되어야한다. 다음의 청구 범위는 모든 변형과 등가 구조 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

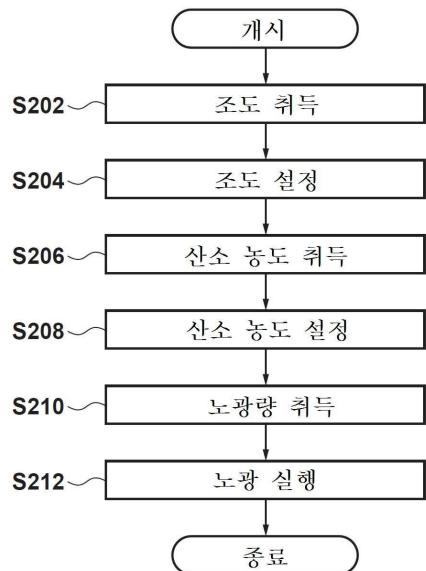
도면

도면1

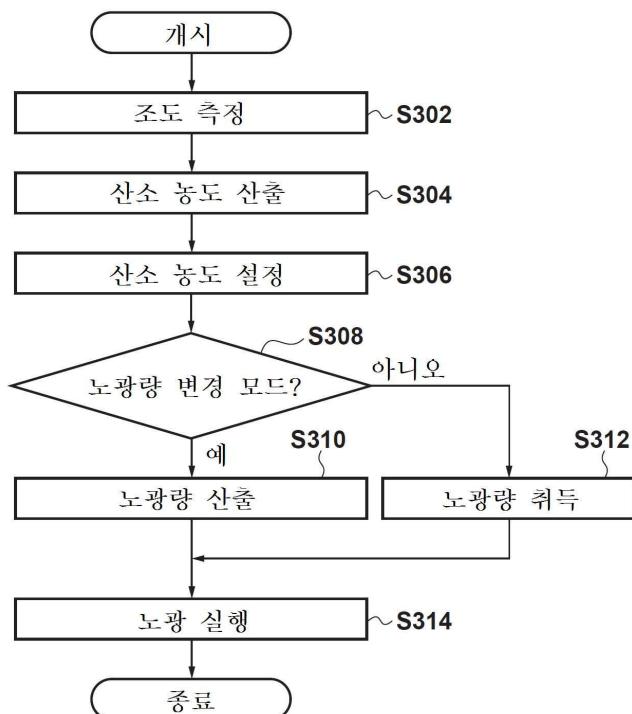
1



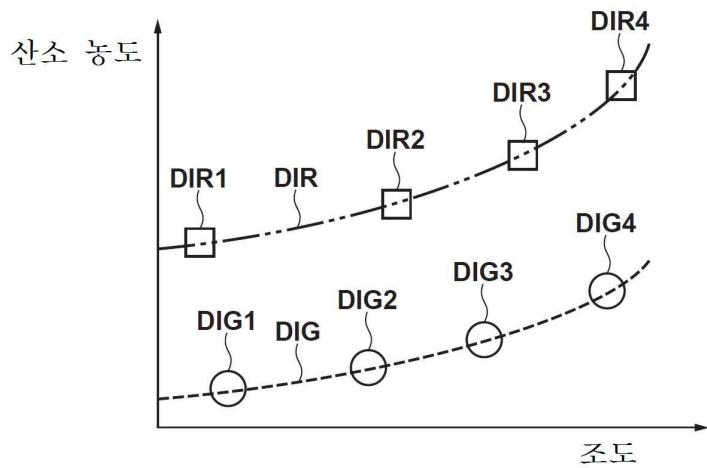
도면2



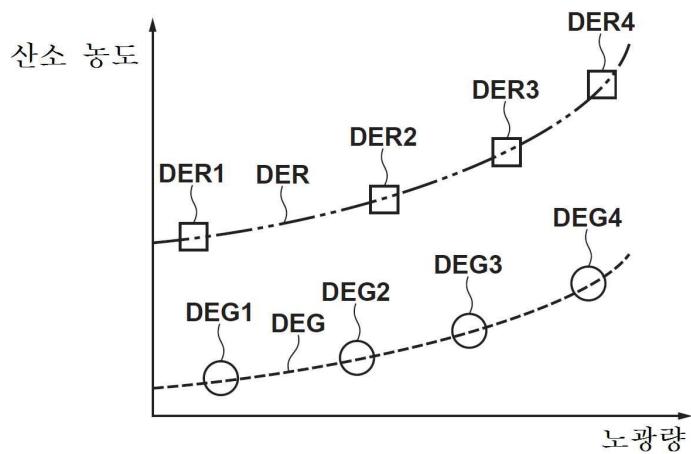
도면3



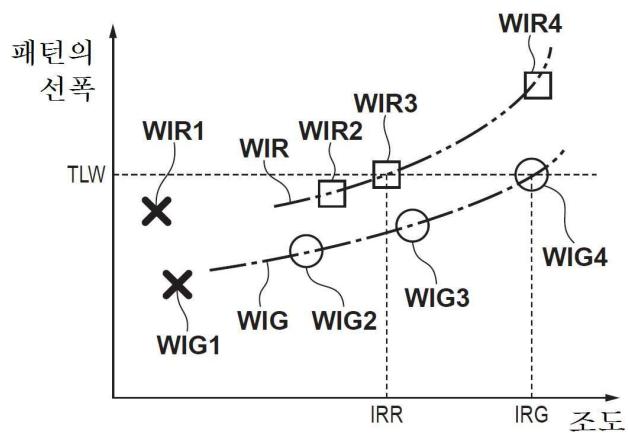
도면4



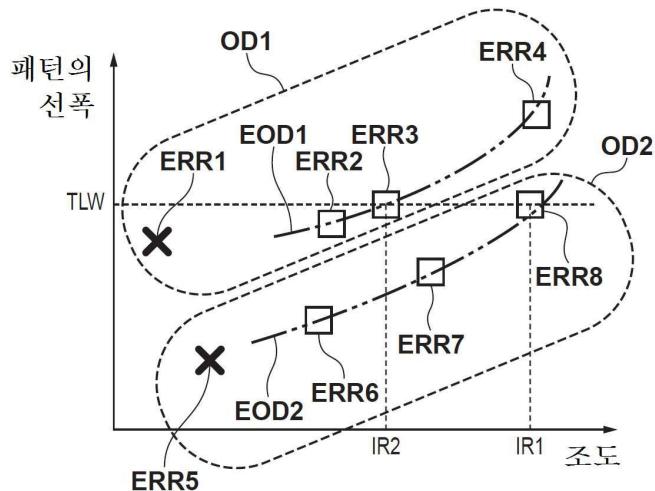
도면5



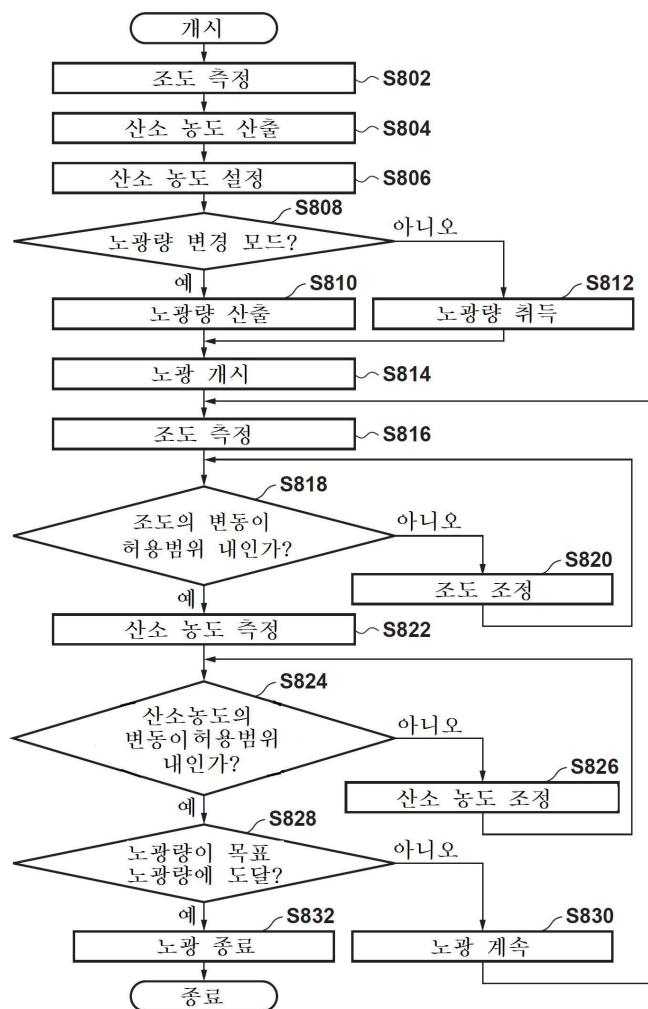
도면6



도면7



도면8



도면9

