



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년03월07일  
 (11) 등록번호 10-1713382  
 (24) 등록일자 2017년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 H01L 21/027 (2006.01) H01L 21/033 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2014-0162566  
 (22) 출원일자 2014년11월20일  
 심사청구일자 2015년01월29일  
 (65) 공개번호 10-2015-0059615  
 (43) 공개일자 2015년06월01일  
 (30) 우선권주장  
 14/087,508 2013년11월22일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP20111044520 A\*  
 KR1020060110480 A\*  
 US6627358 B1  
 JP2013084886 A  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
 타이완 세미콘덕터 매뉴팩처링 컴퍼니 리미티드  
 중화민국, 타이완, 신추, 신추 사이언스 파크,  
 리-신 로드 6, 넘버 8  
 (72) 발명자  
 루 이언칭  
 중화민국, 타이완 300-77, 신츄, 사이언스-베이스  
 드 인더스트리얼 파크, 리신 로드. 6, 8호  
 위 신성  
 중화민국, 타이완 300-77, 신츄, 사이언스-베이스  
 드 인더스트리얼 파크, 리신 로드. 6, 8호  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 김태홍

전체 청구항 수 : 총 9 항

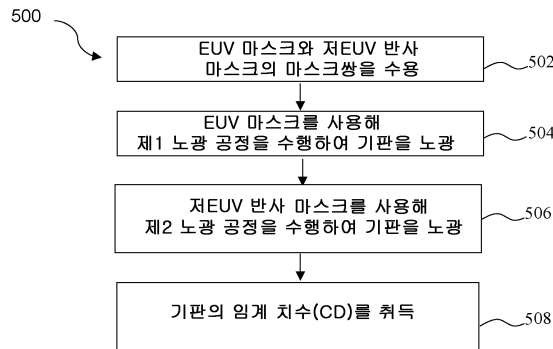
심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 극자외선 리소그래피 공정 및 마스크

**(57) 요약**

저 EUV 반사 마스크는 저열팽재료(LTEM)층, 제1 영역 내에서의 LTEM층 위의 저 EUV 반사율(LEUVR) 다층, 제2 영역 내에서의 LTEM층 위의 고 EUV 반사율(HEUVR) 다층, 및 LEUVR 다층과 HEUVR 다층 위의 패턴닝된 흡수층을 포함한다.

**대표도** - 도5



(72) 발명자

**천 정홍**

중화민국, 타이완 300-77, 신쑤, 사이언스-베이스  
드 인터스트리얼 파크, 리신 로드. 6, 8호

**이언 안쑤니**

중화민국, 타이완 300-77, 신쑤, 사이언스-베이스  
드 인터스트리얼 파크, 리신 로드. 6, 8호

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

저 극자외선 반사(low extreme ultraviolet reflective, LEUVR) 마스크에 있어서,  
 저열팽창재료(LTEM, low thermal expansion material)층과,  
 상기 LTEM층의 제1 영역 및 제2 영역 위에 있고, 제1 EUV 반사율을 갖는 저 극자외선 반사율(LEUVR) 다층과,  
 상기 LTEM층의 상기 제2 영역 위에 있고, 제1 EUV 반사율보다 큰 제2 EUV 반사율을 가지며 마스크 얼라인먼트를  
 위해 사용되는 고 극자외선 반사율(HEUVR) 다층과,  
 상기 LEUVR 다층과 상기 HEUVR 다층 위의 패터닝된 흡수층  
 을 포함하는 LEUVR 마스크.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서, 상기 LEUVR 다층은 2% 미만의 EUV 반사율을 갖는 것인 LEUVR 마스크.

**청구항 3**

청구항 1에 있어서, 상기 HEUVR 다층은 30%보다 높은 EUV 반사율을 갖는 것인 LEUVR 마스크.

**청구항 4**

청구항 1에 있어서, 상기 LEUVR 다층은 40개의 막 쌍을 포함하며,

- i) 각각의 막 쌍은 1.5 nm의 몰리브덴(Mo)을 포함한 제1 막과 2 nm의 실리콘(Si)을 포함한 제2 막을 포함하거나, 또는
- ii) 각각의 막 쌍은 4.5 nm의 몰리브덴(Mo)을 포함한 제1 막과 6 nm의 실리콘(Si)을 포함한 제2 막을 포함하는 것인 LEUVR 마스크.

**청구항 5**

청구항 1에 있어서, 상기 LEUVR 다층은 280 nm 두께의 몰리브덴 실리콘(MoSi)층을 포함하는 것인 LEUVR 마스크.

**청구항 6**

청구항 1에 있어서,

상기 LEUVR 다층과 상기 HEUVR 다층 위에 캡핑층을 더 포함하는 LEUVR 마스크.

**청구항 7**

청구항 1에 있어서, 상기 패터닝된 흡수층은,

- i) 70 nm 두께의 탄탈 붕소 질화물(TaBN)을 포함하거나, 또는
- ii) 56 nm 두께의 탄탈 붕소 질화물(TaBN)과, 상기 TaBN층 위에 적층된 14 nm 두께의 탄탈 붕소 산화물(TaBO)을 포함하는 것인 LEUVR 마스크.

**청구항 8**

청구항 1에 있어서, 상기 HEUVR 다층은 3 nm 두께의 몰리브덴(Mo)과 4 nm 두께의 실리콘(Si)으로 된 40개의 막 쌍을 포함하는 것인 LEUVR 마스크.

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

저 극자외선 반사(low extreme ultraviolet reflective, LEUVR) 마스크에 있어서,

저열팽창재료(LTEM, low thermal expansion material)층;

상기 LTEM층 위에 있고, 30%보다 큰 EUV 반사율을 갖는 제1 극자외선 반사율(EUVR) 다층;

제3 EUVR 다층을 형성하기 위해, 상기 제1 EUVR 다층의 일부 위에 있는 제2 극자외선 반사율(EUVR) 다층으로서, 상기 제3 EUVR 다층은 하위 부분으로서 상기 제1 EUVR과 상위 부분으로서 상기 제2 EUVR를 갖고, 상기 제3 EUVR 다층은 EUV 반사율이 2% 미만인, 상기 제2 EUVR 다층; 및

상기 제1 EUVR 다층과 상기 제2 EUVR 다층 위의 패터닝된 흡수층

을 포함하는 LEUVR 마스크.

**청구항 11**

삭제

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

삭제

**청구항 15**

삭제

**청구항 16**

삭제

**청구항 17**

삭제

**청구항 18**

삭제

**청구항 19**

삭제

**청구항 20**

삭제

**발명의 설명**

**배경 기술**

[0001] <교차 참조>

[0002] 본 특허출원은 발명의 명칭이 "Extreme Ultraviolet Lithography Process And Mask"인 2013년 9월 6일에 출원

한 미국 특허출원 일련 번호 14/020,302에 관한 것이며, 이것의 전체 내용은 참조로 본 명세서에 포함된다.

[0003]

<배경>

[0004]

지난 수십년간 반도체 집적 회로(integrated circuit, IC) 산업은 급속하게 성장해 왔다. 반도체 재료 및 설계에 있어서의 기술적 발전은 점점 소형화되고 더욱 복잡한 회로를 생산하고 있다. 이들 재료 및 설계 발전은, 처리 및 제조에 관한 기술 역시 기술적 발전이 이루어지기 때문에 가능하였다. 게이트 길이 등의 장치 특징부의 크기가 감소함에 따라, 수많은 과제가 발생하고 있다. 고해상도 리소그래피 공정은 특징부 크기의 감소에 있어서 종종 더 중요한 분야 중 하나이며, 이 분야에서의 개선이 일반적으로 요구되고 있다. 한가지 리소그래피 기술은 극자외선(EUV, extreme ultraviolet) 리소그래피이다. 다른 기술은 X선 리소그래피, 이온빔 투사 리소그래피, 전자빔 투사 리소그래피, 및 다중 전자빔 마스크리스 리소그래피를 포함한다.

[0005]

EUV 리소그래피는 14 nm 이상 등의 초소형 특징부 크기를 갖는 반도체 기술 노드를 지향하는 유망한 패터닝 기술이다. EUV 리소그래피는 웨이퍼를 인쇄하는데 마스크를 사용한다는 점에 있어서 광학 리소그래피와 매우 유사하다. 그러나, 광학 리소그래피와 달리, EUV는 예컨대 약 13.5 nm에서의 EUV 영역의 광을 채택한다. 13.5 nm의 파장에서는, 대부분의 재료가 고흡수성이다. 그렇기 때문에, 굴절 광학계(refractive optics)보다는 반사 광학계(reflective optics)가 EUV 리소그래피에 주로 사용된다. 기존의 EUV 리소그래피 방법들이 대체로 그 의도하는 목적에 적절하다 하더라도, 이들 방법이 모든 면에 있어서 전체적으로 만족스럽지는 못하다. 예를 들어, DPP(discharge-produced plasma) 및 LPP(laser-produced plasma) 등의 플라즈마에 의해 생성된 EUV광은 일부 대역외(out of band, OOB) 방사선을 방출한다. OOB 방사선의 일부(때때로 플레어(flare)라고 칭해짐)는 타겟 기관(예, 웨이퍼)에 도달하여 이미지 콘트라스트 손실을 일으킨다. 그래서 이 분야에 있어서 그 이상의 개선점을 갖는 것이 바람직하다.

**도면의 간단한 설명**

[0006]

본 개시의 양태들은 첨부 도면을 참조한 이하의 상세한 설명으로부터 가장 잘 이해된다. 해당 산업계의 표준적 기법에 따라, 다양한 특징부를 실측으로 도시하지 않는다. 사실상, 다양한 특징부의 치수는 설명의 편의상 임의대로 확대 또는 축소될 수 있다.

도 1은 본 개시의 한가지 이상의 실시형태를 구현하기 위한 리소그래피 공정의 블록도이다.

도 2는 본 개시의 양태에 따라 구성된 리소그래피 공정의 다양한 스테이지에서의 마스크 기관의 도식적 단면도이다.

도 3은 본 개시의 양태에 따라 구성된 리소그래피 공정의 다양한 스테이지에서의 저 EUV 반사(low EUV reflectivity, LEUVR) 마스크의 도식적 단면도이다.

도 4는 본 개시의 양태에 따라 구성된 리소그래피 공정의 다양한 스테이지에서의 EUV 마스크의 도식적 단면도이다.

도 5는 본 개시의 다양한 양태에 따른, 심자외선(deep ultraviolet, DUV) 플레어 영향을 평가하기 위한 예시적인 방법의 흐름도이다.

도 6a와 도 6b는 본 개시의 다양한 양태에 따른 도 5의 방법에 있어서 상이한 마스크들을 사용한 기관 패터닝의 개략적 상면도이다.

도 7은 본 개시의 다양한 양태에 따른 임계 치수(CD) 대 DUV 플레어의 차트이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0007]

이하의 설명에서는 본 발명의 상이한 특징을 구현하기 위해 다수의 상이한 실시형태 또는 실시예를 제공한다. 본 개시를 단순화하기 위해 구성요소 및 구성의 특정 실시예에 대해 후술한다. 물론 이들은 예시일뿐이며, 한정되는 것을 목적으로 하지 않는다. 예를 들어, 이어지는 설명에 있어서 제2 특징부 위(over) 또는 상(on)의 제1 특징부의 형성은 제1 및 제2 특징부가 직접 접촉으로 형성되는 실시형태를 포함할 수 있고, 또한 제1 및 제2 특징부가 직접 접촉하지 않도록 제1 및 제2 특징부 사이에 추가 특징부가 형성될 수 있는 실시형태도 또한 포함할 수 있다. 또한, 본 개시는 다양한 실시예에서 참조 번호 및/또는 문자를 반복할 수 있다. 이 반복은 단순화 및 명확화를 위한 것이며, 그 자체가 설명하는 다양한 실시형태 및/또는 구성 간의 관계를 지시하지 않는다.

[0008]

또한, "아래(beneath)", "밑(below)", "하위(lower)", "위(above)", "상위(upper)" 등의 공간 관련 용어는 도

면에 나타내는 바와 같이 한 요소 또는 특징부의 다른 요소(들) 또는 특징부(들)에 대한 관계를 설명함에 있어서 설명의 용이성을 위해 본 명세서에 이용될 수 있다. 공간 관련 용어는 도면에 나타내는 방위와 함께, 사용 또는 동작 시의 장치의 상이한 방위를 포함하는 것을 의도한다. 예를 들어, 도면의 장치가 위쪽으로 돌려지면, 다른 요소 또는 특징부 "밑" 또는 "아래"에 있는 것으로 설명하는 요소들은 다른 요소 또는 특징부의 "위"에 있게 된다. 그러므로, 예시한 용어 "밑"은 위와 아래의 방위를 모두 포함할 수 있다. 장치는 다른 식으로 지향(90도 또는 다른 방위로 회전)될 수 있으며 본 명세서에 사용한 공간 관련 기술자(descriptor)는 그에 따라 마찬가지로 해석될 수 있다.

- [0009] 도 1을 참조하여, 본 발명의 한가지 이상의 실시형태로부터 혜택을 얻을 수 있는 EUV 리소그래피 공정(10)에 대해 개시한다. EUV 리소그래피 공정(10)은 약 13.5 nm의 EUV 파장을 포함하는 EUV 방사선원(20)을 채용한다.
- [0010] EUV 리소그래피 공정(10)은 또한 조명기(30)를 채용한다. 조명기(30)는 방사원(20)으로부터 마스크(40) 상에 광을 지향시키기 위해, 단일 렌즈 또는 다수의 거울을 갖는 미러 시스템 등의 반사 광학계를 포함할 수 있다. EUV 파장 범위에서는 일반적으로 반사 광학계가 채용된다. 그러나, 굴절 광학계도 존플레이트(zoneplate)에 의해 실현될 수 있다.
- [0011] 또한 EUV 리소그래피 공정(10)은 마스크(40)(여기에서는 같은 대상을 언급하는데 텀즈 마스크(terms mask), 포토마스크, 레티클이 이용됨), 또는 다수의 마스크를 채용한다. 본 실시형태에 있어서, 마스크(40)는 반사 마스크이다. 마스크(40)는 광학 근접 보정(optical proximity correction, OPC) 등의 다른 해상도 향상 기술을 통합할 수 있다. 마스크(40)에 대해서는 이하에서 더 상세하게 설명할 것이다.
- [0012] EUV 리소그래피 시스템 및 공정(10)은 또한 투사 광학계 박스(projection optics box, POB)(50)를 채용한다. POB(50)는 굴절 광학계 또는 반사 광학계를 가질 수 있다. 마스크(40)로부터 반사된 방사선(예, 패터닝된 방사선)은 POB(50)에 의해 수집된다.
- [0013] 타겟(60)은 EUV 방사선에 민감한, 감광층(예, 포토레지스트 또는 레지스트)을 갖는 반도체 웨이퍼를 포함한다. 타겟(60)은 타겟 기관 스테이지에 의해 유지될 수 있다. 타겟 기관 스테이지는 마스크의 이미지가 반복적으로 타겟 기관 상에 스캐닝되는 식으로 타겟 기관 위치를 제어한다(물론 다른 리소그래피 방법도 가능하다).
- [0014] EUV 노광원은 일부 대역의 방사선(OOB)을 포함할 수 있고, 이 방사선의 일부(때때로 플레어라고 칭함)는 웨이퍼 표면에 도달하여 이미지 콘트라스트를 저감시킨다. EUV와 비교해서, 웨이퍼 표면에 도달할 수 있는 OOB는 심자외선(DUV) 파장 등의 긴 파장을 가질 수 있다. 그래서, DUV 플레어의 미광 레벨은 EUV의 것보다 훨씬 낮을 수 있다. EUV 리소그래피 공정에서는, 더 양호한 광학 시뮬레이션 및 예측을 위해 DUV 플레어의 영향을 평가하여 이 영향을 억제하는 전략을 세우는 것이 중요하다. 또한, EUV 스캐너에서의 DUV 플레어는 비순수 조명 파장에 의해 생성된 미광이라기보다는 국부적 플레어일 수 있다. 이러한 유형의 DUV 플레어의 영향은 마스크 구조 및 패턴 밀도 등과 같은 것에 종속될 수 있다. 이러한 국부적 플레어를 평가하여 상이한 유형의 플레어를 구별하기 위한 방법에 대해 이하에서 설명한다.
- [0015] 이하의 설명은 마스크(40) 및 마스크 제조 공정에 관한 것이다. 마스크 제조 공정은 대개 2가지 단계, 즉 마스크 기관 제조 공정 및 마스크 패터닝 공정을 포함한다. 마스크 기관은 층 스택(예, 다수의 반사층)에 의해 형성된다. 마스크 기관은 마스크 패터닝 공정중에 집적 회로(IC) 장치(또는 칩)의 층의 설계를 갖도록 패터닝된다. 그런 다음, 패터닝된 마스크는 회로 패턴(예, IC 장치의 층의 설계)을 반도체 웨이퍼 상에 전사하는데 사용된다. 패턴은 다양한 리소그래피 공정을 통해 다수의 웨이퍼 상에 거듭 전사될 수 있다. 여러개의 마스크(예, 50개 이상의 마스크의 세트)가 완성 IC 장치를 구성하는데 사용될 수 있다.
- [0016] 도 2를 참조하며, 마스크 기관(100)은 저열팽창 재료(LTEM)로 이루어진 재료층(102)을 포함한다. LTEM 재료는 TiO<sub>2</sub> 도핑된 SiO<sub>2</sub>, 및/또는 해당 기술분야에 공지된 다른 저열팽창 재료를 포함한다. LTEM층(102)은 마스크 가열로 인한 이미지 왜곡을 최소화하는 역할을 한다. 본 실시형태에서는, LTEM층(102)은 결함 정도가 낮고 표면이 매끄러운 재료를 포함한다. 또한, 마스크를 정전 척킹하기 위해 LTEM층(102) 아래에 도전성 층(104)이 적층될 수 있다(도면에 도시). 일 실시형태에서는, 도전성층(104)이 크롬 질화물(CrN)을 포함하는데, 물론 다른 조성도 가능하다.
- [0017] 본 실시형태에 있어서, 마스크 기관(100)은 2개의 영역, 즉 제1 영역(110)과 제2 영역(120)을 갖는다. 제2 영역(120)은 마스크 기관(100)의 옛지 영역을 포함한다. 제1 영역(110)에서는, 저 EUV 반사율(low EUV reflectivity, LEUVR) 다층(130)이 LTEM층(102) 위에 형성된다. 예를 들어, LEUVR 다층(130)의 반사율은 2% 미만이다. 일 실시형태에 있어서, LEUVR 다층(130)은 1.5 nm의 몰리브덴(Mo)과 2 nm의 실리콘(Si)으로 된 40개의

막 쌍을 포함한다. 다른 실시형태에 있어서, LEUVR 다층(130)은 280 nm의 MoSi를 포함한다. 또 다른 실시형태에 있어서, LEUVR 다층(130)은 4.5 nm Mo와 6 nm Si으로 된 40개의 막 쌍을 포함한다.

[0018] 제2 영역(120)에서는, 고 EUV 반사율(high EUV reflectivity, HEUVR) 다층(135)이 LTEM층(102) 위에 형성된다. HEUVR 다층(135)은 몰리브덴-실리콘(Mo/Si) 막 쌍(예, 각 막 쌍은 실리콘층과 그 위 또는 아래에 있는 몰리브덴층을 가리킴) 등의 복수의 막 쌍을 포함한다. 한편, HEUVR 다층(135)은 몰리브덴-베릴륨(Mo/Be) 막 쌍을 포함할 수도 있고, 또는 EUV 파장에서 크게 반사하는 임의의 재료가 HEUVR 다층(135)에 이용될 수 있다. HEUVR 다층(135)의 각 층의 두께는 EUV 파장 및 입사각에 종속되며, 이 HEUVR 다층(135)에 의해, 각 계면에서 반사된 EUV 광의 최대 보강 간섭 및 EUV광의 최소 흡수를 달성하도록 조정된다. HEUVR 다층(135)은 선택된 방사선 유형/파장에 대해 높은 반사율을 제공하도록 선택될 수 있다. 통상의 막 쌍의 수는 5-60이지만, 임의 개의 막 쌍도 가능하다. HEUVR 다층(135)은 대개 적어도 0.2 이상의 반사율을 달성한다. 일 실시형태에 있어서, HEUVR 다층(135)은 Mo/Si로 된 40개의 막 쌍을 포함한다. 각각의 Mo/Si 막 쌍은 두께가 약 7 nm이며, 전체 두께는 280 nm이다. 이 경우, 약 70%의 반사율이 달성된다. 일 실시형태에 있어서, HEUVR 다층(135)은 3 nm Mo와 4 nm Si으로 된 40개의 막 쌍으로서 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 제1 영역(110)은 제2 영역(120)으로 둘러싸인다. 다른 실시형태에 있어서, 제2 영역(120)은 마스크의 엣지에 있다. EUV 고반사율에 의해, 제2 영역(120)은 EUV 리소그래피 공정에 속한 얼라인먼트 공정을 위해 적절한 세기의 반사광을 제공할 수 있다.

[0019] 일부 실시형태에 있어서, 제1 영역(110)과 제2 영역(120) 양쪽에서 LTEM층(102) 위에 LEUVR 다층(130)이 형성된다. 그런 다음, LEUVR 다층(130)은 패터닝 및 에칭 공정 등의 적절한 공정에 의해 제2 영역(120)에서 제거되게 된다. 그리고, 적절한 적층 기법으로 제2 영역(120) 내에 HEUVR 다층(135)이 형성된다. 다른 실시형태에 있어서, 제1 영역(110)과 제2 영역(120) 양쪽에서 LTEM층(102) 위에 LEUVR 다층(130)이 형성된다. 그리고, 적절한 적층 기법으로 제2 영역(120) 내의 LEUVR 다층(130) 위에 HEUVR 다층(135)이 형성된다. 이에, 제2 영역(120) 내에 형성된 마지막 다층은 LEUVR 다층(130)을 그것의 하위 부분으로서, 그리고 HEUVR 다층(135)을 그것의 상위 부분으로서 갖는다. 이 실시형태에 있어서, HEUVR 다층(135)은 Mo/Si로 된 5-10개의 층 쌍을 포함한다. 각각의 Mo/Si 막 쌍은 두께가 약 7 nm이다.

[0020] 마스크 구조(100)은 또한 산화를 방지하기 위해 LEUVR 다층(130) 및 HEUVR 다층(135) 위에 적층된 캡핑층(140)을 더 포함할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 캡핑층(140)은 루테튬(Ru), RuB, RuSi 등의 Ru 화합물, 크롬(Cr), Cr 산화물, 및 Cr 질화물을 포함한다. 캡핑층(140)은 두께가 약 2.5 nm이다. 한편, 일 실시형태에 있어서, 캡핑층(140)은 HEUVR 다층(135) 위에는 형성되지만 LEUVR 다층(130) 위에는 형성되지 않는다.

[0021] 또한, 마스크 구조(100)는 제1 영역(110)과 제2 영역(120) 내의 캡핑층(140) 위에 형성된 흡수층(150)을 포함한다. 흡수층(150)은 각 막이, 크롬, 크롬 산화물, 크롬 질화물, 티탄, 티탄 산화물, 티탄 질화물, 탄탈, 탄탈 산화물, 탄탈 질화물, 탄탈 산질화물, 탄탈 붕소 질화물, 탄탈 붕소 산화물, 탄탈 붕소 산질화물, 알루미늄, 알루미늄-구리, 알루미늄 산화물, 은, 은 산화물, 팔라듐, 루테튬, 몰리브덴, 기타 적절한 재료, 또는 이들의 일부의 혼합물을 함유하는 다수의 막층을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 흡수층(150)은 70 nm의 탄탈 붕소 질화물(TaBN)을 포함한다. 다른 실시형태에 있어서, 흡수층(150)은 56 nm의 탄탈 붕소 질화물(TaBN)과, TaBN층 위에 적층된 14 nm의 탄탈 붕소 산화물(TaBO)을 포함한다.

[0022] 층(104, 130, 135, 140, 및 150) 중 하나 이상은 증발 및 DC 마그네트론 스퍼터링 등의 물리적 기상 증착(PVD), 무전극 도금 또는 전기도금 등의 도금 공정, 대기압 CVD(APCVD), 저압 CVD(LPCVD), 플라즈마 강화 CVD(PECVD), 또는 고밀도 플라즈마 CVD(HDP CVD) 등의 화학적 기상 증착(CVD), 이온빔 적층, 스퍼온 코팅, 유기 금속 분해, 및/또는 해당 기술분야에 공지된 다른 방법을 비롯한 다양한 방법으로 형성될 수 있다.

[0023] 도 3을 참조하면, 흡수층(150)은 제1 영역(110) 내에 제1 하위 영역(210)과 제2 하위 영역(220)을 갖는 저 EUV 반사(LEUVR) 마스크(200)를 형성하도록 패터닝된다. 제1 하위 영역(210)에서는 흡수층(150)이 남아있지만, 제2 하위 영역(220)에서는 제거된다. 어떤 경우에는, 제1 하위 영역(210)은 흡수 영역으로서 칭해지고, 제2 하위 영역(220)은 반사 영역으로서 칭해진다. 흡수층(150)은 패터닝 및 에칭 공정에 의해 패터닝될 수 있다. 에칭 공정은 건식(플라즈마) 에칭, 습식 에칭 및/또는 기타 에칭 방법을 포함할 수 있다. 예를 들어, 건식 에칭 공정은 플루오르 함유 가스(예, CF<sub>4</sub>, SF<sub>6</sub>, CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, CHF<sub>3</sub>, 및/또는 C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>), 염소 함유 가스(예, Cl<sub>2</sub>, CHCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub>, 및/또는 BCl<sub>3</sub>), 브롬 함유 가스(예, HBr 및/또는 CHBR<sub>3</sub>), 요오드 함유 가스, 기타 적절한 가스 및/또는 플라즈마, 및/또는 이들의 조합을 이용할 수 있다. 대안의 패터닝 공정은 마스크리스 포토리소그래피, 전자빔 라이팅(writing), 다이렉트 라이팅 및/또는 이온빔 라이팅을 포함한다.



- [0024] 도 4를 참조하면, EUV 마스크(400)는 LTEM층(102) 전체 위에 고 EUV 반사율(HEUVR) 다층(430)을 갖는다는 점 외에는, 도 2와 도 3에서 전술한 LEUVR 마스크(200)와 다수의 점에 있어서 유사하게 형성된다. 일 실시형태에 있어서, HEUVR 다층(430)은 HEUVR 다층(135)과 동일하다. EUV 마스크(400)는 HEUVR 다층(430) 위에 적층된 캡핑층(440)을 포함할 수 있다. EUV 마스크(400)는 2개의 영역, 즉 흡수 영역(410)과 반사 영역(420)을 규정하기 위해, 패터닝된 흡수층(450)을 갖는다. 흡수 영역(410)에서는 흡수층(450)이 남아있지만, 반사 영역(420)에서는 제거된다. 일 실시형태에 있어서, 패터닝된 흡수층(450)은 LEUVR 마스크(200) 내의 패터닝된 흡수층(150)의 하나와 같은 패턴을 갖는다.
- [0025] LEUVR 마스크(200)와 EUV 마스크(400)는 또한 광학 근접 보정(optical proximity correction, OPC) 등의 다른 해상도 향상 기술을 통합할 수 있다. LEUVR 마스크(200)와 EUV 마스크(400)는 또한 마스크 결함 보수 시스템에 의한 결함 보수 공정을 받을 수도 있다. 마스크 결함 보수 시스템은 e빔 보수 시스템 및/또는 포커스 이온 빔(focused ion beam, FIB) 보수 시스템 등의 적절한 시스템이다.
- [0026] 도 5는 본 개시의 양태에 따라 구성된 DUV 플레어 영향(flare impact)을 평가하는 방법(500)의 흐름도이다. 도 6a와 도 6b는 방법(500)의 다양한 스테이지에서 타겟(600)을 패터닝하는 도식적 장면도이다.
- [0027] 방법(500)은 제1 EUV 반사율( $r_1$ )을 갖는 EUV 마스크(400)와 제2 EUV 반사율( $r_2$ )을 갖는 LEUVR 마스크(200)를 제공하는 단계 502에서 시작된다. 본 예에 있어서, EUV 마스크(400)와 LEUVR 마스크(200)는 동일한 흡수 패턴을 갖는다.
- [0028] 도 5와 도 6a를 참조하면, 방법(500)은 기관(600) 상에서 EUV 마스크(400)를 사용해 EUV 스캐너에 의한 제1 노광 공정을 수행하는 단계 504로 이행한다. 본 실시형태에 있어서, EUV 스캐너는 OOB 방사선을 포함하는 EUV 방사선을 채용한다. 제1 노광 공정이 포토레지스트층으로 코팅된 기관(600) 내의 제1 영역(601)에서 시작된 다음, 제2 노광 공정이 제2 영역(602)에서 수행되고, 이어서 제3 영역(603)에서 제3 노광 공정이 수행되며, ...의 식으로 행해진다. 본 실시형태에 있어서, 제1 노광 공정은 제1 조사선량(exposure dose) 매트릭스에 따라 행해진다. 제1 조사선량 매트릭스는, EUV 마스크(400)를 통해, 조사선량( $E_{11}$ )이 제1 영역(601)을 노광하는데 사용되고,  $E_{11}-\Delta$ 와 같은 조사선량( $E_{12}$ )이 제2 영역(602)을 노광하는데 사용되며(여기서,  $\Delta = r_2/r_1 \times E_{11}$ ),  $E_{11}-2\Delta$ 와 같은 조사선량( $E_{13}$ )이 제3 영역(603)을 노광하는데 사용되며, ...의 식으로 구성된다. 요약하면, 제N 영역(60N)을 노광하기 위한 조사선량( $E_{1N}$ )은  $E_{11}-(N-1)\Delta$ 와 같다.
- [0029] 일 실시형태에 있어서,  $E_{11}$ 은 EUV 마스크(400)에 대해 최적화된 조사선량( $E_{op}$ )이다.  $E_{op}$ 는 대응하는 단일 노광 공정 하에서 기관(600) 상에 미리 지정된 타겟 치수를 달성하기 위해 EUV 마스크(400)의 패턴에 대한 조사선량에 기초하여 결정될 수 있다.  $E_{op}$ 는 EUV 마스크(400)의 패턴 밀도에 따라 변할 수 있다.  $E_{12}$ 는  $E_{op}-\Delta$ 와 같고,  $E_{13}$ 는  $E_{op}-2\Delta$ 와 같고, ...,  $E_{1N}$ 는  $E_{op}-(N-1)\Delta$ 와 같다.
- [0030] EUV 마스크(400)의 제1 EUV 반사율( $r_1$ )에 의해, 기관(600)의 영역(60N)에서 수광되는 조사선량( $E_{1N}$ )은 약  $r_1 \times E_{11} - r_2(N-1)E_{11}$ 이다. 조사선량이 EUV 조사량(dose)과 OOB 플레어 조사량(dose) 둘다를 가지고 있을 경우,  $E_{1N}$ 은 약  $[r_1 \times E_{11EUV} - r_2(N-1)E_{11EUV}] + [E_{11OOB} - (N-1)(r_2/r_1)E_{11OOB}]$ 이다.  $E_{11EUV}$ 는  $E_{11}$ 의 EUV 조사량 부분이고,  $E_{11OOB}$ 는  $E_{11}$ 의 OOB 조사량 부분이다. 본 실시형태에 있어서, OOB 플레어 조사량( $E_{11DUV}$ )이 EUV 스캐너의 EUV 조사량( $E_{11EUV}$ )보다 실질적으로 작고,  $r_2$ 가  $r_1$ 보다 실질적으로 작다고 한다면, 플레어 예측에 있어서, 영역(60N)에서 수광되는 조사선량( $E_{1N}$ )은  $[r_1 \times E_{11EUV} - r_2(N-1)E_{11EUV}] + [E_{11OOB}]$ 에 가깝다. 예로서, 조사선량이 EUV 조사량과 DUV 플레어 조사량을 갖는 경우, 영역(601)은  $[r_1 \times E_{11EUV}] + [E_{11OOB}]$ 의 조사선량을 수광하고, 영역(602)은  $[r_1 \times E_{11EUV} - r_2 \times E_{11EUV}] + [E_{11OOB}]$ 의 조사선량을 수광하며, 영역(603)은  $[E_{11EUV} - 2r_2 \times E_{11EUV}] + [E_{11OOB}]$ 의 조사선량을 수광하고, ..., 영역(60N)은  $[r_1 \times E_{11EUV} - r_2(N-1)E_{11EUV}] + [E_{11OOB}]$ 의 조사선량을 수광한다.
- [0031] 도 5와 도 6b를 참조하면, 방법(500)은 기관(600) 상에서 LEUVR 마스크(200)를 사용해서, 동일 방사선을 갖는 동일 EUV 스캐너에 의한 제2 노광 공정을 수행하는 단계 506으로 이행한다. 본 실시형태에 있어서, 제2 노광 공정은 제2 조사선량 매트릭스에 따라 행해진다. 제2 조사선량 매트릭스는, LEUVR 마스크(200)를 통해, 제1 영역(601)을 노광하는데 제1 조사선량이 사용되고,  $E_{11}$ 와 같은 조사선량( $E_{22}$ )이 제2 영역(602)을 노광하는데 사용되며,  $2E_{11}$ 와 같은 조사선량( $E_{23}$ )이 제3 영역(603)을 노광하는데 사용되며, ...,  $(N-1)E_{11}$ 와 같은 조사선량( $E_{2N}$ )이 제



N 영역(60N)을 노광하는데 사용되도록 구성된다.

[0032] LEUVR 마스크(200)의 제2 EUV 반사율( $r_2$ )에 의해, 제N 영역(60N)에서 수광되는 조사선량은 약  $[r_2 \times (N-1)E_{11EUV}] + [(N-1)E_{1100B}]$ 에 가깝다. 예로서, 영역(601)은 제0 조사량을 수광하고, 영역(602)은  $[r_2 \times E_{11EUV}] + [E_{11DUV}]$ 의 조사량을 수광하며, 영역(603)은  $[2r_2 \times E_{11EUV}] + [2E_{11DUV}]$ 의 조사량을 수광하고, ..., 영역(60N)은  $[r_2(N-1)E_{11EUV}] + [(N-1)E_{11DUV}]$ 의 조사량을 수광한다. 본 실시형태에 있어서,  $r_2$ 가 실질적으로 작다고 한다면, 플레어 예측에 있어서, 제N 영역(60N)에서 수광되는 조사선량은 약  $[r_2 \times (N-1)E_{11EUV}] + [(N-1)E_{1100B}]$ 에 가깝다.

[0033] 이에, 제1 및 제2 노광 공정 후에, 기관(600)의 각 영역에서 수광되는 총 조사선량( $E_T$ )는 2개의 마스크를 통한 이들 2번의 노광에서 각각 수광된 EUV 조사량과 OOB 플레어 조사량의 합에 가깝다. OOB 플레어 조사량이 실질적으로 EUV 스캐너의 EUV 조사량보다 작고,  $r_2$ 가 실질적으로  $r_1$ 보다 작다고 한다면, 플레어 예측에 있어서, 영역(601)에서 수광된  $E_{T1}$ 은  $[r_1 \times E_{11EUV}] + [E_{1100B}]$ 에 가깝고, 영역(602)에서 수광된  $E_{T2}$ 는  $[r_1 \times E_{11EUV}] + [2E_{1100B}]$ 에 가깝고, 영역(603)에서 수광된  $E_{T3}$ 은  $[r_1 \times E_{11EUV}] + [3E_{1100B}]$ 에 가깝고, ..., 영역(60N)에서 수광된  $E_{TN}$ 은  $[r_1 \times E_{11EUV}] + [N \times E_{1100B}]$ 에 가깝다. 예를 들어, 조사선량이 EUV 조사량과 DUV 플레어 조사량을 갖는 경우, 영역(60N)에서 수광되는 조사선량은 약  $[r_1 \times E_{11EUV}] + [N \times E_{11DUV}]$ 에 가깝다. 다시 말해, 기관(600) 내의 각 영역은 실질적으로 같은 EUV 조사량,  $r_1 \times E_{11EUV}$ 와 상이한 OOB 플레어 조사량,  $N \times E_{1100B}$ 를 수광한다.

[0034] 도 5를 참조하면, 방법(500)은 기관(600)의 각 영역마다 임계 치수(CD) 데이터를 취득하는 단계 508로 이행한다. 제1 및 제2 노광 공정을 수행한 후, 기관(600)의 포토레지스트층 상에서 현상 공정이 수행된다. 현상 공정시에, 현상액이 포토레지스트층에 도포된다. 일례로, 현상액은 TMAH(tetramethylammonium hydroxide) 등의 기본액이다. 현상액은 레지스트 재료에 따라 포토레지스트층의 노광 또는 미노광 부분을 제거한다. 예를 들어, 포토레지스트층이 포지티브톤 레지스트 재료를 포함하면, 현상 공정은 기관(600) 위에서 포토레지스트층의 노광 부분은 제거(용해)하고, 포토레지스트층의 미노광 부분은 그대로 둔다. 한편, 포토레지스트층이 네거티브톤 레지스트 재료를 포함하면, 현상 공정은 기관(600) 위에서 포토레지스트층의 미노광 부분은 제거(용해)하고, 포토레지스트층의 노광 부분은 그대로 둔다. 탈이온(de-ionized, DI)수 린스 등의 린스 공정이 행해진다. 린스 공정은 잔여 입자를 제거할 수 있다.

[0035] 제1 영역(601)의  $CD_1$ 를, 제2 영역(602)의  $CD_2$ 를, 제3 영역(603)의  $CD_3$ , ..., 제N 영역(60N)의  $CD_N$ 을 취득하기 위해 CD 측정이 행해진다. 각각의  $CD_N$ 과 대응하는 총 조사선량( $E_T$ ) 간의 관계는 (마스크 구조 및 패턴 밀도를 갖는)EUV 마스크(400) 상에서, EUV 스캐너에 의해 행해지는, DUV 플레어 영향을 평가하기 위한 임의의 적절한 방법에 의해 연구될 수 있다. 일례로, X축에 총 조사선량( $E_T$ )과 Y축에 CD가 표시되는 CD 대 총 조사선량( $E_T$ )의 플롯이 형성된다. 그 플롯으로부터 CD 대 총 조사선량( $E_T$ )의 추세선도 구할 수 있다. 기관(600) 내의 각 영역에서 수광된 EUV 조사선량이 실질적으로 동일하고, 총 조사선량( $E_T$ )의 변화가 DUV 플레어의 변화를 주로 나타내기 때문에, Y축 절편과  $CD_1$  간의 차이는 도 7에 나타내는 바와 같이 DUV 레벨에 비례한다. 이것은 메모리에 저장되어 프로세서에 의해 실행되는 소프트웨어를 이용하여 컴퓨터 상에서 수행될 수 있다.

[0036] 추가 단계들이 방법(500)의 이전, 도중, 및 이후에 제공될 수 있으며, 설명한 단계들의 일부는 방법(500)의 추가 실시형태를 위해 대체, 삭제, 또는 이동할 수도 있다.

[0037] 진술한 바에 기초하면, 본 개시는 EUV 스캐너에 의해 노광된 EUV 마스크 상에서의 DUV 플레어 영향을 평가하기 위한 EUV 리소그래피 공정을 제공한다. 이 공정은 흡수층 패턴을 동일하지만 EUV 반사율이 상이한 마스크 쌍을 채용한다. 마스크 쌍은 저 EUV 반사 마스크와 EUV 마스크를 갖는다. 저 EUV 반사 마스크는 고 EU 반사율 영역(즉, 마스크의 엣지)을 갖는다. 본 공정은 또한 EUV 스캐너에 의한 EUV 마스크 상에서의 DUV 플레어 영향을 밝히기 위해 마스크 쌍을 이용하여 다수의 노광 공정에 2개의 조사선량 매트릭스를 채용한다.

[0038] 본 개시는 또한 마스크에 관한 것이다. 일 실시형태에 있어서, 저 EUV 반사 마스크는 저열팽재료(LTEM)층, 제1 영역 내에서의 LTEM층 위의 저 EUV 반사율(LEUVR) 다층, 제2 영역 내에서의 LTEM층 위의 고 EUV 반사율(HEUVR) 다층, 및 LEUVR 다층과 HEUVR 다층 위의 패턴닝된 흡수층을 포함한다.

[0039] 본 개시는 리소그래피 시스템 및 공정에 관한 것이다. 일 실시형태에 있어서, 극자외선 리소그래피(EUVL) 공정

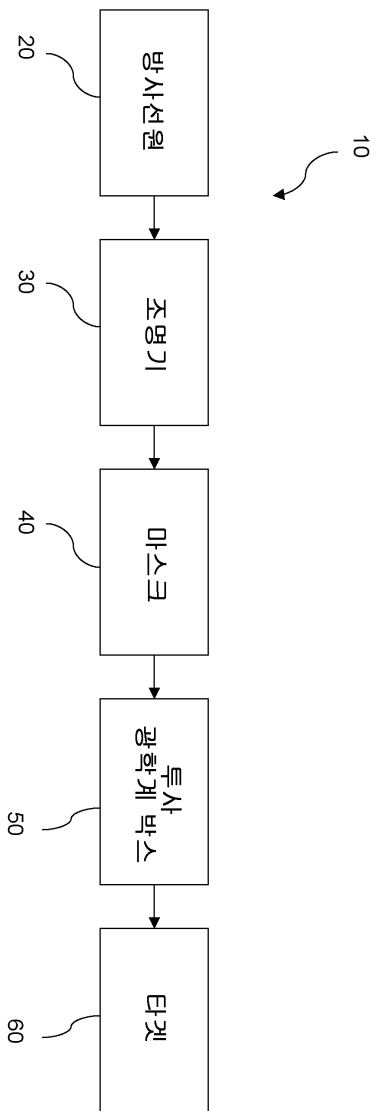
은 패턴이 동일한 마스크 쌍을 수용하는 단계를 포함한다. 마스크 쌍은 제1 EUV 반사율( $r_1$ )을 갖는 극자외선 (EUV) 마스크와 제2 EUV 반사율( $r_2$ )을 갖는 저 EUV 반사 마스크를 포함한다. 공정은 또한 포토레지스트층으로 코팅된 기판을 수용하는 단계와, EUV 방사선이 장착된 EUV 스캐너를 수용하는 단계를 포함한다. 공정은 또한 EUV 스캐너와 EUV 마스크를 사용해, 기판에 제1 노광 공정을 수행하는 단계를 포함한다. 제1 노광 공정은 제1 조사선량 매트릭스에 따라 행해진다. 공정은 또한 EUV 스캐너와 저 EUV 반사 마스크를 사용해, 기판에 제2 노광 공정을 수행하는 단계를 포함한다. 제2 노광 공정은 제2 조사선량 매트릭스에 따라 행해진다.

[0040] 다른 실시형태에 있어서, 마스크는 저열팽재료(LTEM)층, 그 LTEM층 위의 제1 극자외선 반사율(EUVR) 다층을 포함한다. 제1 EUVR 다층은 30%보다 높은 EUV 반사율을 갖는다. 마스크는 또한 제3 EUVR 다층을 형성하기 위해 제 1 EUVR의 일부 위에 제2 극자외선 반사율(EUVR) 다층을 포함한다. 이에, 제3 EUVR 다층은 그것의 하위 부분으로서 제1 EUVR와 그것의 상위 부분으로서 제2 EUVR를 갖는다. 제3 EUVR 다층은 2% 미만의 EUV 반사율을 갖는다. 마스크는 또한 제1 EUVR 다층과 제2 EUVR 다층 위에 패터닝된 흡수층을 포함한다.

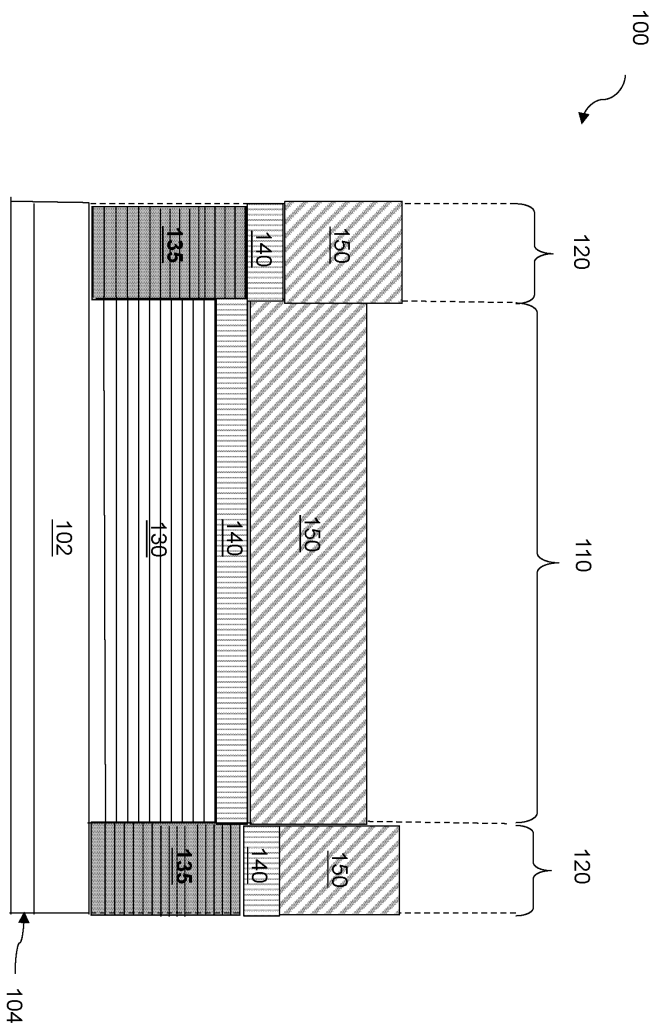
[0041] 이상은 여러 실시형태의 특징을 개관한 것이므로 당업자라면 본 개시의 양태를 더 잘 이해할 수 있다. 당업자라면 동일한 목적을 달성하기 위한 다른 공정 및 구조를 설계 또는 변형하고/하거나 본 명세서에 소개하는 실시형태들의 동일한 효과를 달성하기 위한 기본으로서 본 개시를 용이하게 이용할 수 있다고 생각할 것이다. 또한 당업자라면 그러한 등가의 구조가 본 개시의 사상 및 범주에서 벗어나지 않는다는 것과, 본 개시의 사상 및 범주에서 일탈하는 일없이 다양한 변화, 대체 및 변형이 이루어질 수 있다는 것을 인식할 것이다.

도면

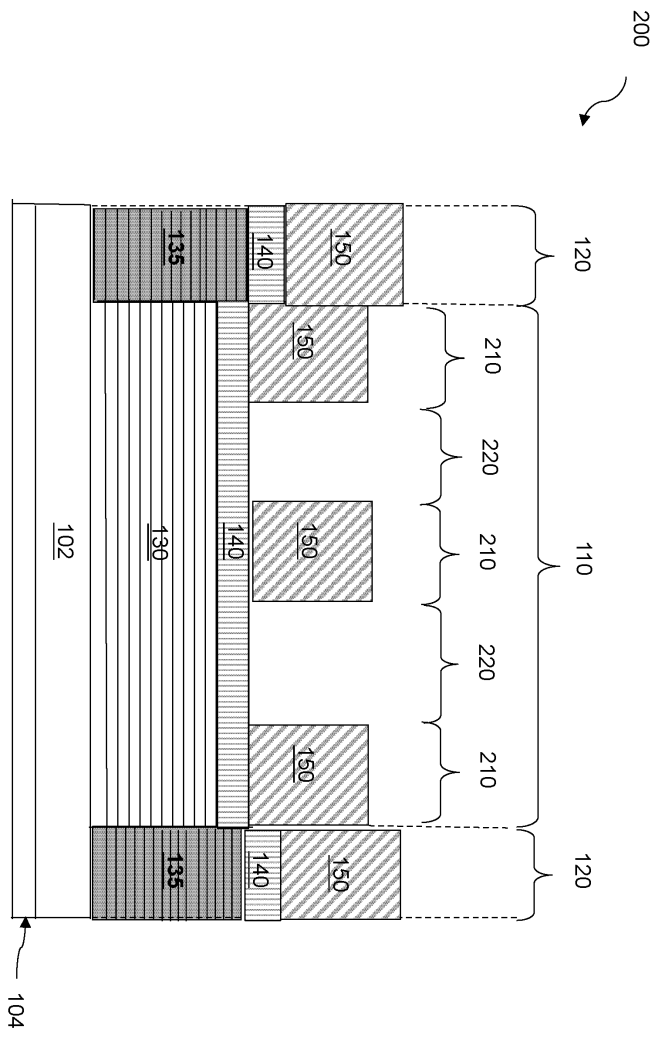
도면1



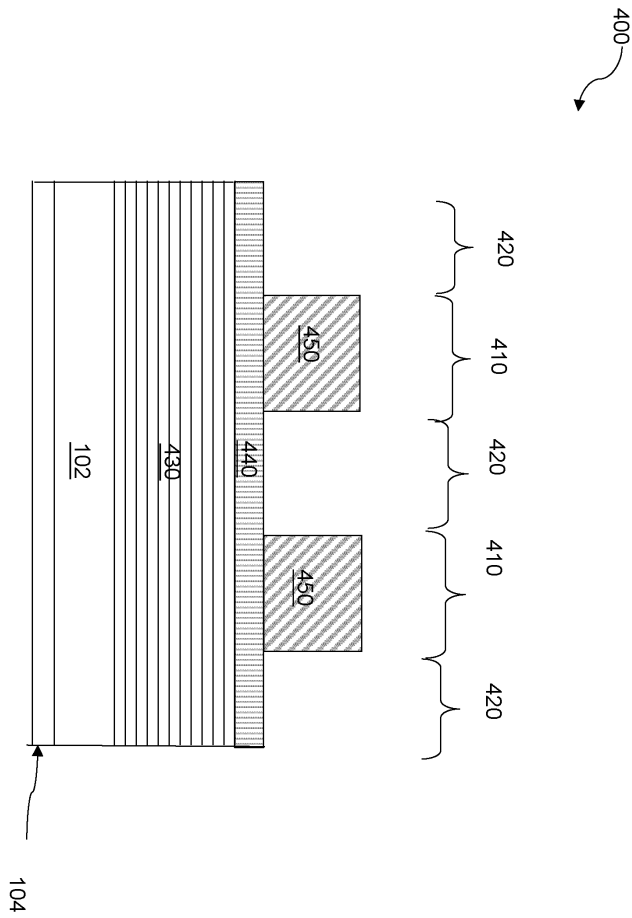
도면2



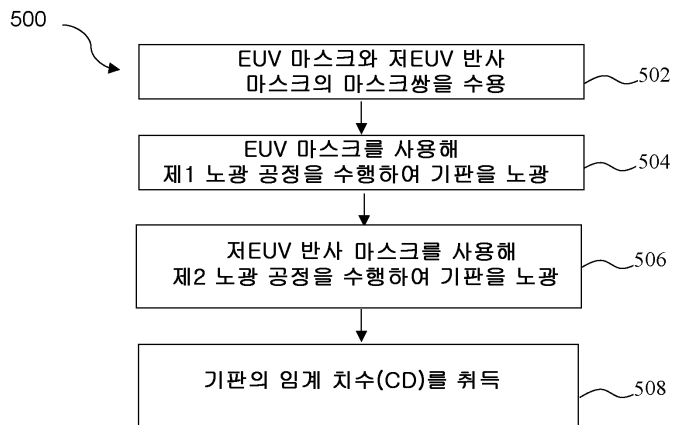
도면3



도면4

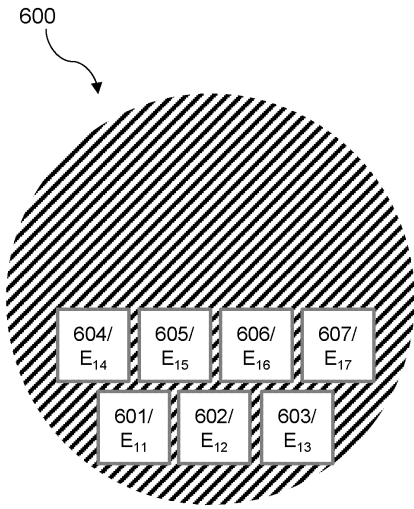


도면5

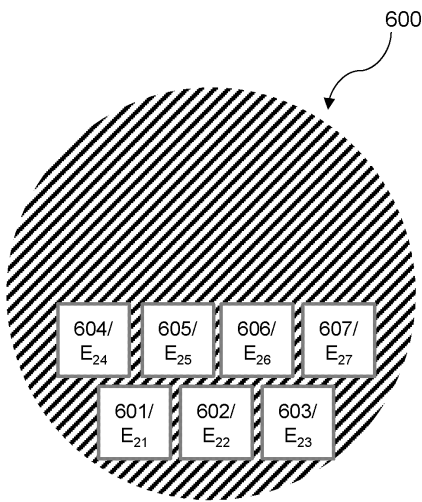




도면6a



도면6b



도면7

