



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년12월27일
 (11) 등록번호 10-1690373
 (24) 등록일자 2016년12월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 21/027 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2014-0153649
 (22) 출원일자 2014년11월06일
 심사청구일자 2014년11월06일
 (65) 공개번호 10-2015-0110276
 (43) 공개일자 2015년10월02일
 (30) 우선권주장
 14/221,362 2014년03월21일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US20140078479 A1*
 *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 뉴 타이페이 시티 220 반치아오
 디스트릭트 산민 로드 섹션 1 라인 31 넘버 12 2
 에프
 위 신성
 중화민국 타이완 신추 난다 로드 라인 634 넘버
 16 4에프-2
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
 김태홍

전체 청구항 수 : 총 10 항

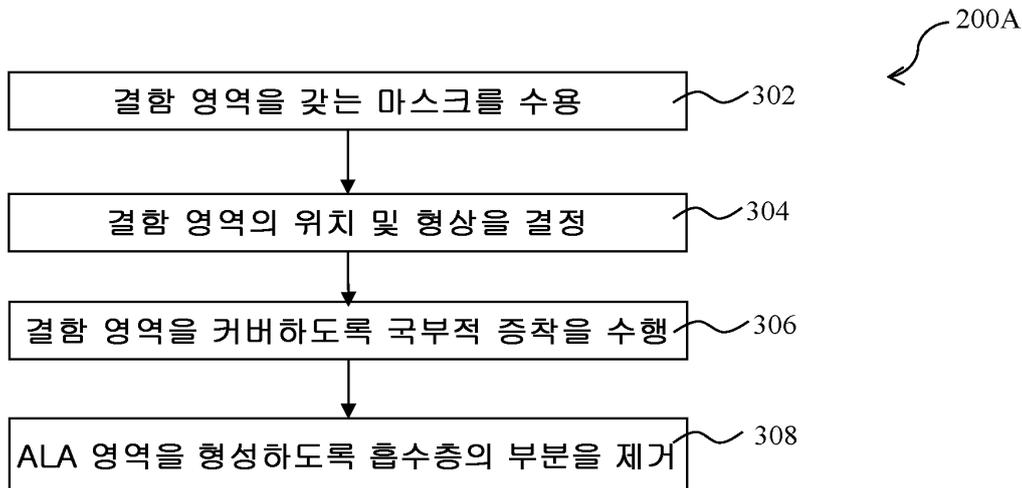
심사관 : 이석주

(54) 발명의 명칭 **향상된 결합 복원성을 갖는 집적 회로를 제조하는 방법**

(57) 요약

본 발명은 극자외선 리소그래피(extreme ultraviolet lithography: EUVLO 프로세스를 위한 방법의 일 실시예를 제공한다. 방법은 리소그래피 시스템에 마스크를 로딩하는 것을 포함한다. 마스크는 결합-복원된 영역을 포함하고, 집적 회로(integrated circuit: IC) 패턴을 그 위에 형성한다. 방법은 IC 패턴에 따라 조명 모드에서 리소그래피 시스템의 조명을 설정하는 것, 조명 모드에 따라 리소그래피 시스템에 동공 필터를 구성하는 것 및 조명 모드에서 리소그래피 시스템에 의해 동공 필터 및 마스크로 타겟에 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 것을 또한 포함한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자
천 정홍
중화민국 타이완 신추 푸쑤 스트리트 라인 45 엘리
2 1

이언 안쑤니
중화민국 타이완 신추 300 관신 로드 188 20에프-9

명세서

청구범위

청구항 1

극자외선 리소그래피(extreme ultraviolet lithography: EUVL)를 위한 방법으로서,
 리소그래피 시스템에 마스크를 로딩(load)하는 단계로서, 상기 마스크는,

반사 영역;

불투명 영역;

상기 반사 영역 내의 결함 위에 있는 결함 복원 영역; 및

상기 불투명 영역 내의 흡수층 결여(absorption layer absent: ALA) 영역

을 포함하는 것인, 상기 리소그래피 시스템에 마스크를 로딩하는 단계;

조명 모드에 따라 상기 리소그래피 시스템 내의 동공 필터를 구성하는 단계; 및

상기 조명 모드에서 상기 리소그래피 시스템에 의해 상기 마스크 및 상기 동공 필터로 타겟에 대해 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 동공 필터는 상기 마스크로부터 반사된 소정량의 반사광을 차단하여 타겟을 노광하는 것인, EUVL를 위한 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 마스크는,

마스크 기판 상에 배치된 반사성 다중층(multi-layer: ML);

상기 반사성 ML 상에 배치되고 IC 패턴에 따라 패터닝된 흡수층으로서, 상기 패터닝된 흡수층은 상기 반사 영역 및 상기 불투명 영역을 포함하는 것인, 상기 패터닝된 흡수층; 및

상기 결함 복원 영역

을 포함하는 것인, EUVL를 위한 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 결함 복원 영역은,

상기 반사 영역 내의 결함 위에 흡수층을 퇴적시키고,

상기 결함 복원 영역 부근의 상기 흡수층의 부분을 제거하여 상기 불투명 영역에서 상기 ALA 영역을 형성함으로써, 형성되는 것인, EUVL를 위한 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 ALA 영역으로부터 상기 결함 복원 영역까지의 거리는 적어도 20 nm인 것인, EUVL를 위한 방법.

청구항 5

극자외선 리소그래피(extreme ultraviolet lithography: EUVL) 프로세스를 위한 방법으로서,

위상 결함 영역을 포함하는 마스크를 리소그래피 시스템에 로딩하는 단계;

조명 모드에 따라 상기 리소그래피 시스템 내의 동공 필터를 구성하는 단계; 및

상기 조명 모드에서 상기 리소그래피 시스템에 의해 상기 동공 필터와 상기 마스크로 타겟에 대해 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 동공 필터는 상기 마스크로부터 반사된 소정량의 반사광을 차단하여 상기 타겟을 노광하고, 상기 동공 필터는 상기 마스크를 노광할 때 상기 위상 결함 영역에 의해 야기되는 위상 오차를 보상하는 것인, EUVL 프로세스를 위한 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 동공 필터는 상기 조명 모드의 다이폴 조명 패턴에 따라 개구를 갖도록 구성되고, 상기 개구의 폭은 상기 다이폴 조명 패턴의 직경보다 크지만 상기 조명 모드의 직경의 50% 미만인 것인, EUVL 프로세스를 위한 방법.

청구항 7

제5항에 있어서, 상기 동공 필터는 상기 조명 모드의 퀘이사(quasar) 조명 패턴에 따라, 서로 평행한 2개의 개구를 갖도록 구성되고, 상기 개구의 폭은 상기 퀘이사 조명 패턴의 직경보다 크지만 상기 조명 모드의 직경의 25% 미만인 것인, EUVL 프로세스를 위한 방법.

청구항 8

제5항에 있어서, 상기 동공 필터는 상기 조명 모드의 디스크 조명 패턴에 따라 개구를 갖도록 구성되고, 상기 개구의 폭은 상기 디스크 조명 패턴의 직경보다 크지만 상기 조명 모드의 직경의 50% 미만인 것인, EUVL 프로세스를 위한 방법.

청구항 9

극자외선 리소그래피(extreme ultraviolet lithography: EUVL) 프로세스를 위한 방법으로서,

리소그래피 시스템에 마스크를 로딩하는 단계로서, 상기 마스크는 제1 영역 내의 결함 위의 결함 복원 영역, 및 상기 결함 복원 영역으로부터 소정 거리만큼 분리되어 있는 제2 영역 내의 흡수층 결여(absorption layer absent: ALA) 영역을 포함하고, 상기 마스크는 그 위에 집적 회로(integrated circuit: IC) 패턴을 정의하는 것인, 상기 리소그래피 시스템에 마스크를 로딩하는 단계;

개구를 갖도록 조명 모드의 다이폴 패턴에 따라 상기 리소그래피 시스템 내의 동공 필터를 구성하는 단계; 및

다이폴 패턴을 갖는 상기 조명 모드에서 상기 리소그래피 시스템에 의해 상기 동공 필터와 상기 마스크로 타겟에 대해 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 단계

를 포함하고,

상기 동공 필터는 상기 마스크로부터 반사된 소정량의 반사광을 차단하여 상기 타겟을 노광하는 것인, EUVL 프로세스를 위한 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 결함 복원 영역은,

반사 영역 내의 결함 영역 위에 흡수층을 퇴적시키고,

상기 결함 영역 부근의 상기 흡수층의 부분을 제거하여 불투명 영역에 흡수층 결여(ALA) 영역을 형성함으로써, 형성되고,

상기 ALA 영역은 상기 결함 영역으로부터 소정 거리를 갖도록 형성되고, 상기 거리는 적어도 20 nm인 것인, EUVL 프로세스를 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시 내용은 발명의 명칭이 "극자외선 리소그래피 프로세스 및 마스크(An Extreme Ultraviolet Lithography Process and Mask)"인 2014년 3월 12일 출원된 미국 특허 출원 제14/206,516호와 관련이 있다. 이 출원의 전체 개시 내용은 참조로서 본 명세서에 합체되어 있다.

배경 기술

[0002] 반도체 집적 회로(integrated circuit: IC) 산업은 급속한 성장을 경험하고 있다. IC 재료 및 설계의 기술적인 진보는 IC의 세대들을 생성하고 있고, 여기서 각각의 세대는 이전의 세대보다 더 소형이고 더 복잡한 회로를 갖는다. IC 진화 중에, 기능 밀도(functional density)(즉, 칩 면적당 상호 접속된 디바이스들의 수)는 일반적으로 증가되고 있고, 반면에 기하학적 크기[즉, 제조 프로세스를 사용하여 생성될 수 있는 최소 부품(또는 라인)]는 감소되고 있다. 이 소형화(scaling down) 프로세스는 일반적으로 생산 효율을 증가시키고 연계된 비용을 절감함으로써 이익을 제공한다. 이러한 소형화는 또한 IC 프로세싱 및 제조의 복잡성을 증가시키고 있다. 이들 진보가 실현되게 하기 위해, IC 프로세싱 및 제조의 유사한 발전이 요구된다. 예를 들어, 더 고분해능 리소그래피 프로세스를 수행하기 위한 요구가 증가하고 있다. 이 요구를 처리하기 위해 사용되는 일 리소그래피 기술은 극자외선 리소그래피(extreme ultraviolet lithography: EUVL)이다. 다른 기술은 X-선 리소그래피, 이온빔 투사 리소그래피, 전자빔 투사 리소그래피, 및 다중 전자빔 마스크리스 리소그래피를 포함한다.

[0003] EUVL은 극자외선(extreme ultraviolet: EUV) 영역에 1 내지 100 nm의 광을 사용하는 스캐너를 이용한다. 몇몇 EUV 스캐너는, EUV 스캐너가 예를 들어 미러와 같은 반사 광학 부품을 사용하는 것을 제외하고는 몇몇 광학 스캐너에 유사하게, 4X 축소 투사 인체를 제공하는 데, 여기서 광학 스캐너는 예를 들어 렌즈와 같은 굴절 광학 부품을 사용한다. EUV 스캐너는 반사 마스크 상에 형성된 흡수층("EUV" 마스크 흡수기) 상에 원하는 패턴을 제공한다. EUVL에 사용된 마스크는 새로운 과제를 제시한다. 예를 들어, 다중층(multi-layer: ML) 구조체가 EUVL 마스크에 사용되고, EUV 마스크의 기관의 표면 상의 미시적 비평탄부(non-flatness)(예를 들어, 결함에 의해 발생됨)는 이후에 그 위에 증착되는 필름을 변형시킬 수도 있다. 입사광이 변형된 영역으로부터 반사될 때, 입사광은 정상적으로 형성된 영역으로부터 반사된 광에 대해 위상차를 경험할 수도 있다. 때때로, 결함은 위상 결함이라 칭하는 180° 에 가까운 위상차를 도입시킨다. 위상 결함은 인쇄 충실도(fidelity)에 영향을 미치고, 기관 상에 심각한 패턴 왜곡을 야기할 수도 있다. 위상 결함의 인쇄성을 감소시키고 그리고/또는 완화하기 위한 효율적이고 실행 가능한 방법을 제공하는 것이 바람직하다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명의 양태는 첨부 도면과 연계하여 숙독될 때 이하의 상세한 설명으로부터 가장 양호하게 이해된다. 산업 분야에서의 표준 실시예에 따르면, 도면의 다양한 특징들은 실제 축적대로 도시되어 있는 것은 아니라는 것이 주목된다. 실제로, 예시되어 있는 특징들의 치수는 설명의 명료화를 위해 임의로 증가되거나 감소될 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0005] 도 1은 몇몇 실시예에 따라 구성된 마스크 구조체를 구현하기 위한 리소그래피 시스템의 블록 다이어그램.
 도 2는 몇몇 실시예에 따라 구성된 부분적으로 도 1의 반도체 기관의 개략도.
 도 3은 몇몇 실시예에 따라 구성된 마스크 복원 프로세스의 흐름도.
 도 4 내지 도 6은 몇몇 실시예에 따른 다양한 스테이지에서 패터닝된 EUV 마스크의 개략 평면도.
 도 7은 몇몇 실시예에 따라 구성된 리소그래피 프로세스의 흐름도.
 도 8a 내지 도 8c는 몇몇 실시예에 따른, 도 7의 방법에 의해 구현된 조명 패턴의 개략도.
 도 9a 내지 도 9c는 몇몇 실시예에 따른, 도 7의 방법에 의해 구현된 필터링 패턴의 개략도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0006] 이하의 개시 내용은 본 발명의 상이한 특징들을 구현하기 위한 다수의 상이한 실시예 또는 예들을 제공한다. 이것이 이해된다. 구성 요소 및 배열의 특정 예가 본 개시 내용을 간단화하기 위해 이하에 설명된다. 이들은 물론, 단지 예일뿐이고, 한정이 되도록 의도된 것은 아니다. 본 개시 내용은 다양한 예에서 도면 부호 및/또는 문자를 반복할 수도 있다. 이 반복은 간단화 및 명료화를 위한 것이고, 설명된 다양한 실시예 및/또는 구성 사이의 관계를 자체로 지시하는 것은 아니다.
- [0007] 도 1을 참조하면, 본 발명의 하나 이상의 실시예로부터 이익을 얻을 수도 있는 EUV 리소그래피 시스템(10)이 개시된다. 리소그래피 시스템(10)은 또한 개략도로 부분적으로 도시되어 있다. 본 실시예에서, 리소그래피 시스템(10)은 EUV에 의해 레지스트층을 노광하도록 설계된 극자외선(EUV) 리소그래피 시스템이다. 레지스트층은 EUV 방사선에 민감하다. EUV 리소그래피 시스템(10)은 약 1 nm 내지 약 100 nm의 범위의 파장을 갖는 EUV 광과 같은 EUV 광을 발생하기 위해 방사선 소스(32)를 이용한다. 일 특정 예에서, EUV 방사선 소스(32)는 약 13.5 nm에서 중심 설정된 파장을 갖는 EUV 광을 발생한다.
- [0008] EUV 리소그래피 시스템(10)은 또한 조명기(34)를 이용한다. 다양한 실시예에서, 조명기(34)는 단일 렌즈 또는 다수의 렌즈(구역 플레이트)를 갖는 렌즈 시스템과 같은 다양한 굴절 광학 부품 또는 단일 미러 또는 방사선 소스(32)로부터 마스크(36) 상에 광을 유도하기 위해 다수의 미러를 갖는 미러 시스템과 같은 반사 광학 부품을 포함한다. 방사선 소스(32)가 EUV 파장 범위의 광을 발생하는 본 실시예에서, 반사 광학 부품이 이용된다. 그러나, 굴절 광학 부품이 또한 예를 들어 구역 플레이트에 의해 실현될 수 있다. 본 실시예에서, 조명기(34)는 마스크(36)를 조명하기 위해 축외 조명(off-axis illumination: OAI)을 제공하기 위해 미러를 구성하도록 동작 가능하다. 일 예에서, 조명기(34)의 미러는 EUV 광을 상이한 조명 위치에 반사하도록 스위칭 가능하다. 다른 실시예에서, 조명기(34) 앞의 스테이지는 부가적으로 조명기(34)의 미러로 상이한 조명 위치로 EUV 광을 유도하도록 제어 가능한 다른 스위칭 가능 미러를 포함할 수도 있다. 이에 따라, 리소그래피 시스템(10)은 조명 에너지를 희생하지 않고 상이한 조명 모드를 성취하는 것이 가능하다.
- [0009] EUV 리소그래피 시스템(10)은 포토마스크(36)(본 개시 내용에서, 마스크, 포토마스크 및 레티클의 용어는 동일한 품목을 칭하는 데 사용됨)를 고정하도록 구성된 마스크 스테이지(35)를 또한 포함한다. 마스크(36)는 투과 마스크 또는 반사 마스크일 수도 있다. 본 실시예에서, 마스크(36)는 이하에 더 상세히 설명되는 바와 같은 반사 마스크이다.
- [0010] EUV 리소그래피 시스템(10)은 또한 리소그래피 시스템(10)의 기관 스테이지(42) 상에 고정된 타겟(40)(반도체 웨이퍼와 같은) 상에 마스크(36)의 패턴을 이미징하기 위해 POB(Projection Optics Box)(38)를 이용한다. POB(38)는 굴절 광학 부품 및/또는 반사 광학 부품을 가질 수도 있다. 마스크(36)로부터 반사된 방사선(예를 들어, 패턴링된 방사선)은 POB(38)에 의해 수집된다. 일 실시예에서, POB(38)는 1 미만의 배율을 포함할 수도 있다(이에 의해, 방사선 내에 포함된 패턴링된 이미지를 감소시킴).
- [0011] 마스크(36)의 구조 및 마스크 제조 방법은 다양한 실시예에 따라 이하에 더 설명될 것이다. 마스크 제조 프로세스는 2개의 동작: 블랭크 마스크 제조 프로세스 및 마스크 패턴링 프로세스를 포함한다. 블랭크 마스크 제조 프로세스 중에, 블랭크 마스크는 적합한 기관 상에 적합한 층(예를 들어, 다수의 반사층)을 증착함으로써 형성된다. 블랭크 마스크는 집적 회로(IC)의 층의 설계를 갖도록 마스크 패턴링 프로세스 중에 패턴링된다. 패턴링된 마스크는 이어서 반도체 웨이퍼 상에 회로 패턴(예를 들어, IC의 층의 설계)을 전사하는 데 사용된다. 패턴은 다양한 리소그래피 프로세스를 통해 다수의 웨이퍼 상에 반복해서 전사된다. 다수의 마스크(예를 들어, 15 내지 30개의 마스크의 세트)가 완전한 IC를 구성하는 데 사용될 수도 있다. 일반적으로, 다양한 마스크가 다양한 프로세스에서 사용되기 위해 제조된다.
- [0012] 이하의 설명은 마스크(36), 마스크 제조 및 마스크 복원 프로세스를 나타낸다. 마스크 제조 및 복원 프로세스는 3개의 단계: 블랭크 마스크 제조 프로세스, 마스크 패턴링 프로세스, 및 마스크 복원 프로세스를 포함한다. 블랭크 마스크 제조 프로세스 중에, 블랭크 마스크는 적합한 기관 상에 적합한 층(예를 들어, 다수의 반사층)을 증착함으로써 형성된다. 블랭크 마스크는 집적 회로(IC) 디바이스(또는 칩)의 대응층을 위한 설계 패턴을 갖도록 마스크 패턴링 프로세스 중에 패턴링된다. 마스크 복원 프로세스는 블랭크 마스크 상의 또는 패턴링된 마스크 상의 결함의 인쇄성을 완화하기 위해 마스크 패턴링 프로세스 전 또는 후에 구현될 수도 있다. 복원 후에, 패턴링된 마스크는 이어서 반도체 웨이퍼 상에 설계 패턴을 전사하는 데 사용된다.
- [0013] 일반적으로, 다양한 마스크가 다양한 프로세스에서 사용을 위해 제조된다. EUV 마스크의 유형은 바이너리 강도

마스크(binary intensity mask: BIM) 및 위상 천이 마스크(phase-shifting mask: PSM)를 포함한다. 예시적인 BIM은 거의 흡수 영역(또한 다크 영역이라 칭함) 및 반사 영역을 포함한다. 불투명 영역에서, 흡수기가 존재하고 입사광은 흡수기에 의해 거의 완전 흡수된다. 반사 영역에서, 흡수기는 제거되고, 입사광은 다중층(multilayer: ML)에 의해 반사된다. PSM은 흡수 영역 및 반사 영역을 포함한다. 흡수 영역으로부터 반사된 광의 부분과 반사 영역으로부터 반사된 광의 부분 사이의 위상차(일반적으로 180°)는 분해능 및 이미지 품질을 향상시킨다. PSM은 감쇠된 PSM(AttPSM) 또는 교번적인 PSM(AltPSM)일 수 있다. AttPSM은 일반적으로 그 흡수기로부터 2% 내지 15%의 반사율을 갖고, 반면 AltPSM은 일반적으로 그 흡수기로부터 50% 초과 반사율을 갖는다.

[0014] 도 2를 참조하면, 마스크(36)는 저열팽창 재료(low thermal expansion material: LTEM)로 제조된 마스크 기판(110)을 포함한다. LTEM 재료는 TiO₂ 도핑된 SiO₂ 및/또는 당 기술 분야에 공지된 다른 저열팽창 재료를 포함할 수도 있다. LTEM 기판(110)은 마스크 가열에 기인하는 이미지 왜곡을 최소화하는 역할을 한다. 본 실시예에서, LTEM 기판은 낮은 결함 레벨 및 평활한 표면을 갖는 재료를 포함한다. 게다가, 도전층(105)이 정전 척킹을 위해 LTEM 기판(110)의 이면에 형성될 수도 있다(도면에 도시되어 있는 바와 같이). 실시예에서, 도전층은 크롬 질화물(CrN) 또는 다른 적합한 도전성 재료를 포함한다.

[0015] 마스크(36)는 전방면 상의 마스크 표면(110) 위에 배치된 반사성 다중층(ML)(120)을 포함한다. 프레넬 식에 따르면, 광이 상이한 굴절률의 2개의 재료 사이의 계면을 가로질러 전파할 때 광 반사가 발생한다. 반사된 광은 굴절률의 차이가 클 때 더 크다. 반사된 광을 증가시키기 위해, 교번적인 재료의 다중층을 배치함으로써 계면의 수를 또한 증가시킬 수 있고 다중층 내부의 각각의 층에 대한 적절한 두께를 선택함으로써 상이한 계면으로부터 반사된 광이 보강 간섭(constructive interference)하게 할 수도 있다. 그러나, 다중층을 위해 이용된 재료의 흡수성은 성취될 수 있는 최고 반사율을 제한한다. ML(120)은 몰리브덴-실리콘(Mo/Si) 필름 쌍(예를 들어, 각각의 필름 쌍 내의 실리콘의 층 상부 또는 하부의 몰리브덴의 층)과 같은 복수의 필름 쌍을 포함한다. 대안적으로, ML(120)은 몰리브덴-베릴륨(Mo/Be) 필름 쌍 또는 EUV 파장에서 고도로 반사성인 임의의 적합한 재료를 포함할 수도 있다. ML(120)의 각각의 층의 두께는 EUV 파장 및 입사각에 의존한다. ML(120)의 두께는 각각의 인터페이스에서 반사된 EUV 광의 최대 보강 간섭을, ML(120)에 의한 EUV 광의 최소 흡수를 성취하도록 조정된다. ML(120)은 선택된 방사선 유형 및/또는 파장에 높은 반사율을 제공하도록 선택될 수도 있다. 통상의 예에서, ML(120) 내의 필름 쌍의 수는 20 내지 80개의 범위이지만, 임의의 수의 필름 쌍이 가능하다. 일 예에서, ML(120)은 Mo/Si의 40개의 쌍의 층을 포함한다. 각각의 Mo/Si 필름 쌍은 약 7 nm 두께를 가져, 280 nm의 층 두께를 갖는다. 이 경우에, 약 70%의 반사율이 성취된다.

[0016] 마스크(36)는 하나 이상의 기능을 위한 ML(120) 위에 형성된 보호층(130)을 포함한다. 일 예에서, 보호층(130)은 복원 또는 세척과 같은 패터닝 프로세스 또는 다른 작업시에 에칭 정지층으로서 기능한다. 다른 예에서, 캡핑층은 ML(120)의 산화를 방지하는 기능을 한다. 보호층(130)은 의도된 기능을 성취하기 위해 하나의 단일의 필름 또는 다수의 필름을 포함할 수도 있다. 몇몇 실시예에서, 보호층은 ML(120) 위에 배치된 캡핑층 및 캡핑층 위에 배치된 버퍼층을 포함한다. 캡핑층은 ML(120)의 산화를 방지하도록 설계된다. 몇몇 예에서, 캡핑층은 약 4 내지 7 nm 두께를 갖는 실리콘을 포함한다. 다른 예에서, 저온 증착 프로세스가 ML(120)의 상호확산을 방지하기 위해 캡핑층을 형성하도록 선택될 수도 있다. 버퍼층은 흡수층의 패터닝 또는 복원 프로세스에서 에칭 정지층으로서 작용하도록 캡핑층 위에 형성된다. 버퍼층은 흡수층으로부터 상이한 에칭 특성을 갖는다. 몇몇 예에서, 버퍼층은 루테튬(Ru), RuB, RuSi와 같은 Ru 화합물, 크롬(Cr), Cr 산화물 및 Cr 질화물을 포함한다. 저온 증착 프로세스가 종종 ML(120)의 상호확산을 방지하기 위해 버퍼층에 대해 선택된다.

[0017] 마스크(36)는 보호층(130) 위에 형성된 흡수층(140)을 또한 포함한다. 본 실시예에서, 흡수층(140)은 패터닝된 마스크 상에 투사된 EUV 파장 범위의 방사선을 흡수한다. 흡수층(140)은 크롬, 크롬 산화물, 크롬 질화물, 티타늄, 티타늄 산화물, 티타늄 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, 다른 적합한 재료, 또는 상기 물질들의 일부의 혼합물을 함유하는 각각의 필름을 갖는 다수의 필름층을 포함한다. 다수의 필름층의 적절한 구성에 의해, 흡수층(140)은 각각의 필름의 상이한 에칭 특성에 의해 후속의 에칭 프로세스에서 프로세스 유연성을 제공할 것이다.

[0018] 다음에, 흡수층(140)은 IC 레이아웃 패턴(또는 간단히 IC 패턴)에 따라 패터닝된다. 흡수층(140)은 불투명 영역(150) 및 반사 영역(160)을 형성하도록 패터닝된다. 불투명 영역(150)에서, 흡수층(140)은 잔류하고, 반면에 반사 영역(160)에서, 흡수층(140)은 제거된다.

- [0019] 본 실시예에서, 마스크(36)는 적어도 하나의 결함(115)을 포함한다. 결함(115)은 LTEM 기관(110)[반사 ML(120) 아래]의 표면 상에 또는 반사성 ML(120) 내에 매립된 범프(bump) 또는 피트(pit)와 같은 것들을 포함할 수 있다. 결함(115)은 제조 중에, LTEM 기관(110), 반사성 ML(120) 또는 임의의 다른 프로세스를 형성할 수 있다. 결함(115)은 결함 영역(170)이라 칭하는 변형 영역을 형성하기 위해 그 위에 모든 후속의 층의 국부적 변형을 유발할 수도 있다. 본 실시예에서, 반사 영역(160) 중 적어도 하나는 결함 영역(170)을 포함한다. 결함 영역(170)은 결함 영역(170)이 위치되는 반사 영역(160)으로부터 반사된 광선의 위상에 큰 영향을 가질 수도 있다. 이는 결함 영역(170)이 또한 위상 결함 영역(170)이라 또한 칭해지는 이유이다. 예를 들어, 모든 후속의 층들의 등각 증착(conformal deposition)을 가정하면, 방사선 소스(32)의 파장의 1/4의 높이 또는 깊이의 결함(115)이 이 영역으로부터 반사된 광선에 대해 180° 위상 오차를 유발할 수 있다. 실제로, 180° 위상 오차의 비교적 작은 분율, 예를 들어 30° 가 리소그래피 프로세스 윈도우에 현저한 영향을 미칠 수 있고 또는 심지어 패터닝 충실도 문제점을 유발할 수 있다. 따라서, 무결함 LTEM 기관(110) 및 무결함 반사성 ML(120)이 요구된다. 그러나, 이는 마스크 제조에 제약을 가하고, 마스크 제조를 더 고비용이 되게 할 수도 있다. 본 개시 내용은 위상 결함 영역(170)의 영향을 감소시키기 위한 방법(200)을 제안한다. 방법(200)의 부분은 방법(200)의 제1 부분집합에서 설명될 마스크를 복원하는 것이고, 방법(200)의 다른 부분은 방법(200)의 제2 부분집합에서 설명될, 설계된 동공 필터 패턴을 갖는 복원된 마스크[방법(200)의 제1 부분집합에서 복원됨]를 사용하여 리소그래피 프로세스를 적용하는 것이다.
- [0020] 도 3은 초극자외선 리소그래피(EUVL) 프로세스의 단계들의 제1 부분집합의 흐름도이고, 부분집합은 방법(200A)이라 칭한다. 방법(200A)은 몇몇 실시예에 따라 구성된 EUV 마스크를 복원하기 위해 사용될 수 있다. 도 4 내지 도 6은 방법(200A)의 다양한 복원 스테이지에서 패터닝된 EUV 마스크의 개략 평면도이다.
- [0021] 도 3 및 도 4를 참조하면, 방법(200A)은 마스크(36)를 수용함으로써 단계 302에서 시작한다. 마스크(36)는 불투명 영역(150), 반사 영역(160) 및 반사 영역(160) 내의 적어도 하나의 결함 영역(170)을 포함한다.
- [0022] 도 3을 참조하면, 방법(200A)은 결함 영역(170)의 위치 및 형상을 결정함으로써 단계 304로 진행한다. 결함 영역(170)의 위치 및 형상은 원자간력 현미경(atomic force microscope: AFM), 에어리얼 이미지 측정 시스템(aerial image metrology system: AIMSTM, Carl Zeiss에 의한) 또는 다른 결함 측정 도구에 의해 검출될 수도 있다. 2D 정보는 LTEM 기관(110)의 표면에 평행한 평면 내에 있다. 최종 위상 오차의 더 정확한 결정을 위해 필요한 결함 영역(170)의 상세한 3차원(3D) 프로파일이 대안 실시예에서 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 결함 영역(170)은 불투명 영역(150)의 방향을 따른 제1 폭(w_1)을 갖는 것으로 검출된다.
- [0023] 도 3 및 도 5를 참조하면, 방법(200A)은 흡착기 재료(410)로 결함 영역(170)을 커버하기 위해 국부적 증착을 수행함으로써 단계 306으로 진행한다. 흡착기 재료(410)에 의해 커버된 후에, 결함 영역(170)의 반사율은 작아지는 데, 예를 들어 3% 미만이다. 따라서, 위상 차이가 아무리 크더라도 감소된다. 흡수기 재료(410)는 크롬, 크롬 산화물, 크롬 질화물, 티타늄, 티타늄 산화물, 티타늄 질화물, 탄탈, 탄탈 산화물, 탄탈 질화물, 탄탈 산 질화물, 탄탈 붕소 질화물, 탄탈 붕소 산화물, 탄탈 붕소 산질화물, 알루미늄, 알루미늄-구리, 알루미늄 산화물, 은, 은 산화물, 팔라듐, 루테튬, 몰리브덴, 다른 적합한 재료, 또는 상기 물질들 중 일부의 혼합물을 포함할 수도 있다. 흡수기 재료(410)는 가스식 집중-전자-빔-유도 증착 또는 임의의 다른 적합한 방법을 사용하여 국부적으로 증착된다. 일 실시예에서, 증착된 흡수기 재료(410)의 형상은 결함 영역(170)에 대응한다. 흡수기 재료(410)에 의해 커버되어, 결함 영역(170)은 결함 복원 영역(175)으로 변환된다.
- [0024] 도 3 및 도 6을 참조하면, 방법(200A)은 흡수층(140)의 부분을 제거하여 흡수층 결여(absorption-layer-absent: ALA) 영역(420)을 형성함으로써 단계 308로 진행한다. ALA 영역(420)은 결함 복원 영역(175)에 의해 발생된 강도 손실을 보상하기 위해 부가의 반사된 광선을 제공한다. ALA 영역(420)은 집속 이온 빔 에칭 또는 집속 전자 빔 유도 에칭과 같은 적합한 기술에 의해 형성된다. ALA 영역(420)은 결함 영역(170)의 악영향을 회피하기 위해 결함 복원 영역(175)에 인접하지 않은 적절한 영역 내에 형성될 수 있다. 달리 말하면, ALA 영역(420)은 결함 영역(170)으로부터 더 무결함 영역으로 선택된다. 일 실시예에서, 각각의 ALA 영역(420)은 결함 복원 영역(170)으로부터 거리(d)만큼 분리되어 있고, 이 거리는 약 20 nm 초과이다. ALA 영역(420)의 범위는 결함 복원 영역(175)의 위치 및 형상에 관련된다. 대안적으로, ALA 영역(420)의 범위는 에어리얼 이미지 또는 레지스트 이미지 측정(마스크에 대해 AIMS에 의해 또는 웨이퍼에 대해 SEM에 의해) 및 마스크 복원을 수반하는 피드백 루프에 의해 결정될 수 있다. 정확한 모델이 제공되면 시뮬레이션이 또한 이용될 수 있다. 복원 프로세스를 완료한 후에, 복원된 마스크(36)는 복원된 마스크(37)라 칭한다.

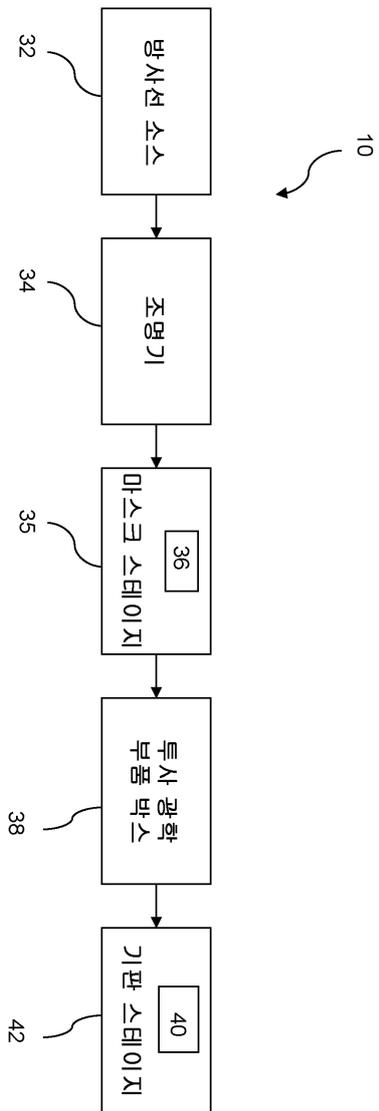
- [0025] 부가의 단계들이 방법(200A) 전, 중 및 후에 제공될 수 있고, 설명된 단계들 중 일부는 방법(200A)의 부가의 실시예들에 대해 교체되고, 제거되거나 이동될 수 있다.
- [0026] 도 7은 전술된 EUVL 프로세스의 단계들의 제2 부분집합의 흐름도이고, 제2 부분집합은 방법(200B)이라 칭한다. 방법(200B)은 다양한 실시예에서 본 개시 내용의 양태에 따라 구성된 집적 회로 제조에서 리소그래피 프로세스를 수행하기 위해 사용된다. 도 8a 내지 도 8c는 방법(200B)에 의해 구현된 조명 패턴의 개략도를 도시하고 있다. 도 9a 내지 도 9c는 방법(200B)에 의해 구현된 필터링 패턴의 개략도를 도시하고 있다.
- [0027] 도 1 및 도 7을 참조하면, 방법(200B)은 복원된 마스크(37)로 리소그래피 시스템(10)에 로딩하는 것에 의한 동작(602)을 포함한다. 방법(200B)의 동작(602)은 복원된 마스크(37)가 마스크 스테이지 상에 고정된 후에 정렬과 같은 다른 단계를 더 포함할 수도 있다.
- [0028] 방법(200B)은 리소그래피 시스템(10)의 기관 스테이지(42)에 타겟(40)을 로딩하기 위한 동작(604)을 또한 포함한다. 본 실시예에서, 타겟(40)은 실리콘 웨이퍼와 같은 반도체 기관이다. 타겟(40)은 EUV 광에 민감한 레지스트층으로 코팅된다. 레지스트층은 복원된 마스크(37)의 IC 설계 레이아웃(IC 패턴)이 레지스트층에 전사되도록 리소그래피 노광 프로세스에 의해 패터닝된다.
- [0029] 도 1 및 도 7을 참조하면, 방법(200B)은 리소그래피 시스템(10) 내에 동공 필터를 구성하는 것에 의한 동작(606)을 또한 포함한다. 동공 필터는 리소그래피 시스템(10)의 동공 평면 내에 구성된다. 이미지 광학 시스템에서, 물체[본 경우에 복원된 마스크(37)]의 푸리에 변환에 대응하는 필드 분포를 갖는 평면이 존재한다. 이 평면은 동공 평면이라 칭한다. 동공 필터는 복원된 마스크(37)로부터 EUV 광의 사전 결정된 부분을 필터링하기 위해 동공 평면에 배치된다. 동공 필터는 반사된 광의 일부분을 통과시켜서 타겟(40)을 노광하여 결합 영역(170)의 분해능을 감소시킬 수 있다.
- [0030] 본 실시예에서, 조명기(34)는 다양한 스위칭 가능 미러 또는 이들 미러로부터 EUV 광의 반사를 조정하기 위한 다른 적합한 기구를 갖는 미러를 포함한다. 본 실시예의 다른 양태에서, 축외 조명 모드는 축외 조명을 성취하기 위해 패턴(도 8a 내지 도 8c에 도시되어 있는 것들과 같은) 내로 방사선 소스(32)로부터의 EUV 광이 유도되는 것과 같은 조명 스테이지에서 스위칭 가능 미러를 구성함으로써 성취된다.
- [0031] 조명 모드는 도 8a 내지 도 8c에서 이들 예들과 같은 상이한 패턴을 포함할 수도 있다. 조명 패턴은 리소그래피 노광 프로세스 중에 EUV 광의 강도를 향상시키는 것을 포함하는 예측된 목적으로 복원된 마스크(37) 상에 규정된 IC 패턴에 따라 결정된다.
- [0032] 도 8a에서, 조명 모드는 축 상에 위치한 다이폴 패턴을 갖는데, 여기서 다이폴 부분(531)은 "온" 상태(조명)에 있는 부분을 나타내고, 다른 부분들은 "오프" 상태(차단)에 있다. 달리 말하면, 다이폴 부분(531)에 도달하는 EUV 광은 복원된 마스크(37)로 지향될 것이고, 반면에 "오프" 부분들에 도달하는 EUV 광은 차단될 것이다.
- [0033] 도 8b에서, 조명 모드는 퀘이사(quasar) 패턴(532)을 갖는데, 여기서 퀘이사 부분들(533)은 "온" 상태에 있고, 나머지 부분들은 "오프" 상태에 있다. 달리 말하면, 퀘이사 부분들(533)에 도달하는 EUV 광은 복원된 마스크(37)로 지향될 것이고, 반면에 나머지 부분들에 도달하는 EUV 광은 차단될 것이다.
- [0034] 도 8c에서, 조명 모드는 디스크 패턴(534)을 갖는데, 여기서 디스크 부분(535)은 "온" 상태(조명)에 있는 부분을 나타내고, 다른 부분들은 "오프" 상태(차단)에 있다. 달리 말하면, 디스크 부분(535)에 도달하는 EUV 광은 복원된 마스크(37)로 지향될 것이고, 반면에 "오프" 부분들에 도달하는 EUV 광은 차단될 것이다.
- [0035] 동공 필터에서 정의된 패턴은 조명 모드에 의해 결정된다. 일 실시예에서, 조명 모드가 도 8a의 다이폴 패턴(530)으로서 정의될 때, 대응 동공 필터가 도 9a에 도시되어 있는 바와 같이, 다이폴 패턴(530)의 동일축을 따라 개구(537)를 갖는 패턴(536)을 가질 것이다. 개구(537)는 "온" 상태에 있고 여기서 동공 평면 내의 이 부분에 도달한 EUV 광은 타겟(40)으로 지향될 것이다. 동공 평면 내의 다른 부분에 도달한 EUV 광은 차단될 것이다. 개구(537)는 제2 폭(w_2)을 갖도록 형성된다. 일 실시예에서, 제2 폭(w_2)은 다이폴 부분(531)의 직경보다 크지만, 조명 모드의 직경의 약 50% 미만이다.
- [0036] 조명 모드가 도 8b에 정의된 퀘이사 패턴(532)일 때, 대응 동공 필터는 도 9b에 도시되어 있는 바와 같이, 서로 평행한 2개의 개구(539)들을 갖는 패턴(538)을 가질 것이다. 개구(539)는 "온" 상태에 있고 여기서 동공 평면 내의 이 부분에 도달하는 EUV 광은 타겟(40)으로 지향될 것이다. 동공 평면 내의 다른 부분에 도달하는 EUV 광은 차단될 것이다. 개구(539)는 제3 폭(w_3)을 갖도록 형성된다. 일 실시예에서, 제3 폭(w_3)은 퀘이사 부분

(533)의 직경보다 크지만, 조명 모드 직경의 약 25% 미만이다.

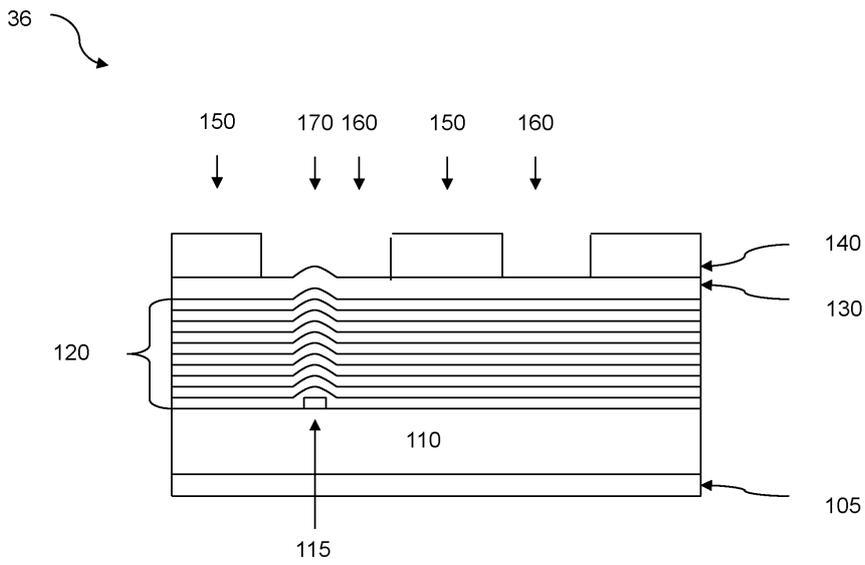
- [0037] 조명 모드가 도 8c에 정의된 디스크 패턴(534)일 때, 대응 동공 필터는 도 9c에 도시되어 있는 바와 같이 개구(541)를 갖는 패턴(540)을 가질 것이다. 개구(541)는 "온" 상태에 있고 여기서 동공 평면 내의 이 부분에 도달하는 EUV 광은 타겟(40)으로 지향될 것이다. 평면 내의 다른 부분에 도달하는 EUV 광은 차단될 것이다. 개구(541)는 제4 폭(w_4)을 갖도록 형성된다. 일 실시예에서, 제4 폭(w_4)은 디스크 부분(535)의 직경보다 크지만 조명 직경의 50% 미만이다.
- [0038] 도 1 및 도 7을 재차 참조하면, 방법(200B)은 동공 필터 및 구성된 조명 모드에서 타겟(40)에 대해 리소그래피 노광 프로세스를 수행함으로써 동작(608)으로 진행한다. 방사선 소스(32)로부터의 EUV 광은 축외 조명을 위한 EUV 에너지 분포를 갖고 조명기(34)에 의해 변조되고, 복원된 마스크(37)로부터 지향되고, 동공 필터에 의해 더 필터링되고, EUV 광은 복원된 마스크(37)의 IC 패턴을 타겟(40)에 이미징한다. 동공 필터의 각각의 패턴에 의해, 사전 결정된 양의 회절광이 결함 영역(170)의 분해능을 감소시키고 결함 복원성을 향상시키는 동공 필터에 의해 차단된다.
- [0039] 부가의 단계들이 방법(200B) 전, 중 및 후에 제공될 수 있고, 설명된 단계들 중 일부는 방법(200B)의 부가의 실시예들에 대해 교체되고, 제거되거나 이동될 수 있다.
- [0040] 상기 설명에 기초하여, 본 개시 내용은 극자외선 리소그래피(EUVL) 프로세스를 위한 방법을 제안한다. 방법은 결함의 분해능을 감소시키는 통과하는 회절광의 부분을 차단하기 위해 동공 필터를 위한 패턴을 이용한다. 방법은 결함 영역의 악영향을 회피하기 위해 결함으로부터 멀리 있는 영역(또는 더 결함이 없는 영역)에 흡수층 결여 영역을 형성함으로써 마스크를 복원하는 것을 또한 이용한다. 방법은 결함 복원성을 상당히 향상시키는 것을 나타낸다.
- [0041] 따라서, 본 개시 내용은 또한 극자외선 리소그래피(EUVL) 프로세스를 위한 방법의 일 실시예를 제공한다. 방법은 리소그래피 시스템에 마스크를 로딩하는 것을 포함한다. 마스크는 반사 영역, 불투명 영역, 반사 영역의 결함 위에 결함 복원된 영역 및 불투명 영역의 흡수층 결여(ALA) 영역을 포함한다. 방법은 조명 모드에 따라 리소그래피 시스템 내에 동공 필터를 구성하는 것과, 조명 모드에서 리소그래피 시스템에 의해 동공 필터 및 마스크로 타겟에 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 것을 또한 포함한다. 따라서, 동공 필터는 마스크로부터 반사된 반사광의 양을 차단하여 타겟을 노광한다.
- [0042] 본 개시 내용은 극자외선 리소그래피(EUVL) 프로세스를 위한 방법의 다른 실시예를 제공한다. 방법은 마스크를 리소그래피 시스템에 로딩하는 것을 포함한다. 마스크는 그 위에 집적 회로(IC) 패턴을 규정한다. 방법은 조명 모드에 따라 리소그래피 시스템 내에 동공 필터를 구성하는 것과, 조명 모드에서 리소그래피 시스템에 의해 동공 필터 및 마스크로 타겟에 대해 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 것을 또한 포함한다. 따라서, 동공 필터는 마스크로부터 반사된 반사광의 양을 차단하여 타겟을 노광한다.
- [0043] 본 개시 내용은 또한 극자외선 리소그래피(EUVL) 프로세스를 위한 방법의 다른 실시예를 제공한다. 방법은 리소그래피 시스템에 마스크를 로딩하는 것을 포함한다. 마스크는 제1 영역의 결함 위에 결함 복원된 영역 및 결함 복원 영역으로부터 소정 거리만큼 분리된 제2 영역의 흡수층 결여(ALA) 영역을 포함하고 그 위에 집적 회로(IC) 패턴을 규정한다. 방법은 개구를 갖도록 조명 모드의 다이폴 패턴에 따라 리소그래피 시스템 내에 동공 필터를 구성하는 것과, 조명 모드에서 리소그래피 시스템에 의해 동공 필터 및 마스크로 타겟에 리소그래피 노광 프로세스를 수행하는 것을 또한 포함한다. 따라서, 동공 필터는 마스크로부터 반사된 반사광의 양을 차단하여 타겟을 노광한다.
- [0044] 상기 설명은 당 기술 분야의 숙련자들이 이어지는 상세한 설명을 더 양호하게 이해할 수 있도록 다수의 실시예의 특징들을 개략 설명하였다. 당 기술 분야의 숙련자들은 이들 특징이 동일한 목적을 수행하기 위해 다른 프로세스 및 구조를 설계하거나 수정하기 위한 그리고/또는 본 명세서에 개시된 실시예의 동일한 장점을 성취하기 위한 기초로서 본 개시 내용을 즉시 사용할 수 있다는 것을 이해해야 한다. 당 기술 분야의 숙련자들은 또한 이러한 등가의 구성이 본 개시 내용의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않고, 이들이 본 개시 내용의 사상 및 범주로부터 벗어나지 않고 본 명세서의 다양한 변경, 치환 및 변형을 행할 수도 있다는 것을 또한 이해해야 한다.

도면

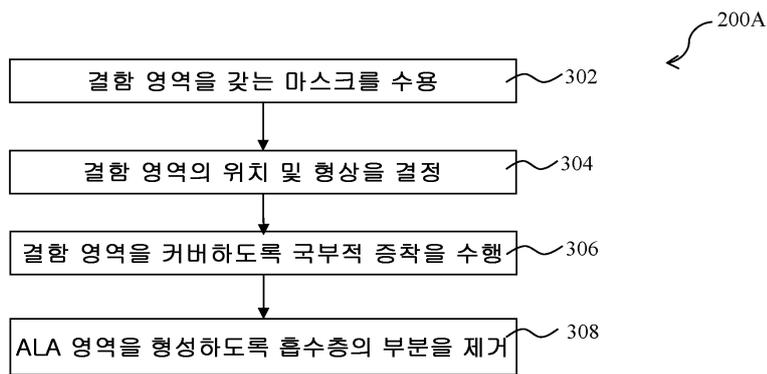
도면1



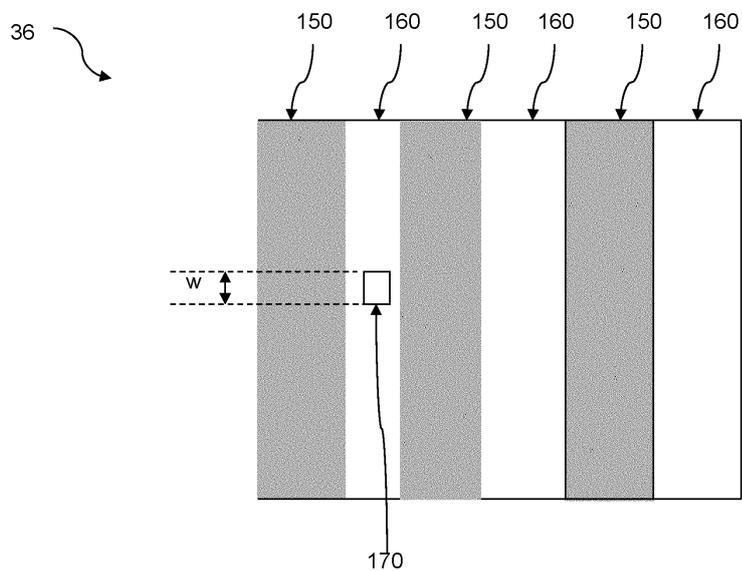
도면2



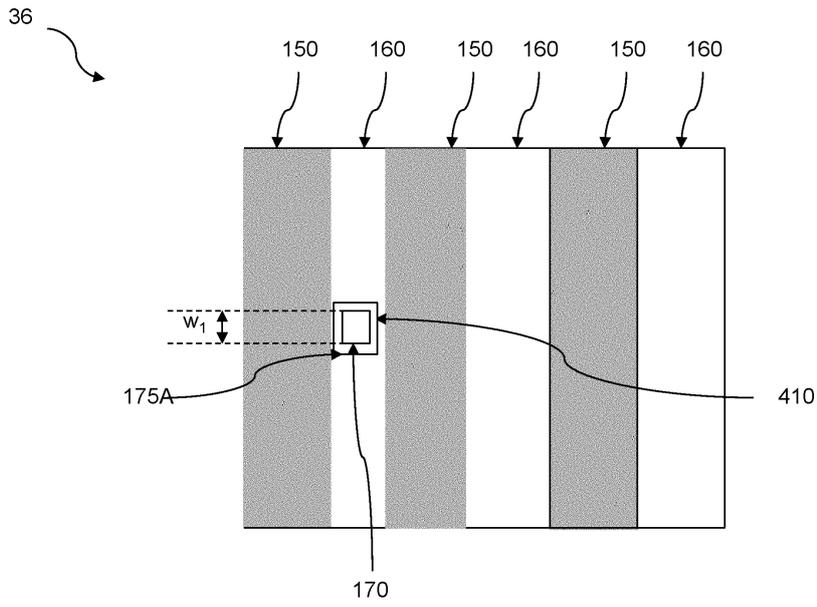
도면3



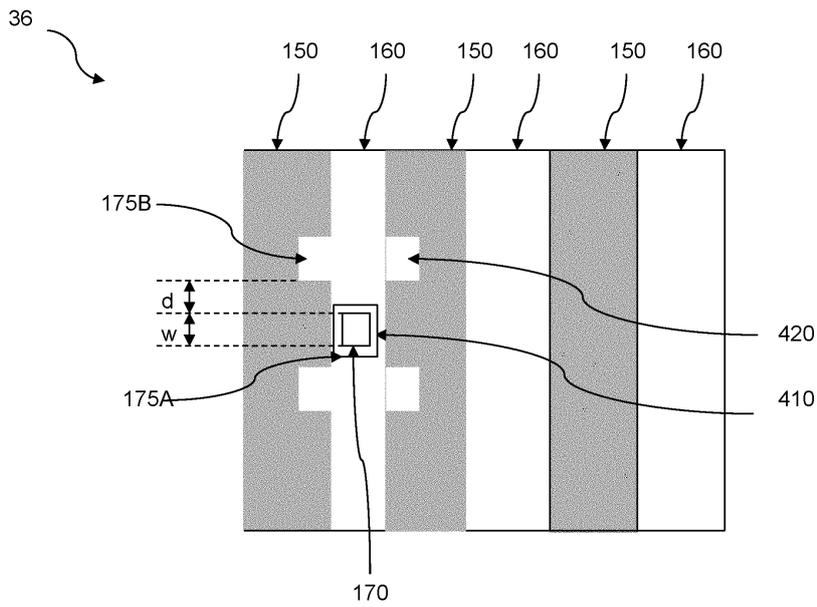
도면4



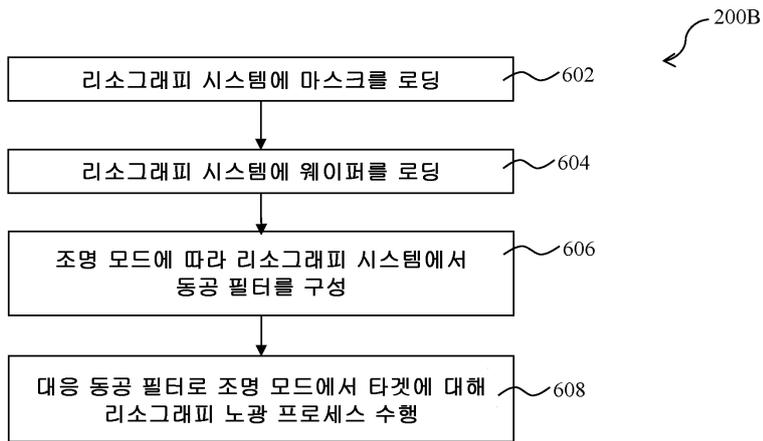
도면5



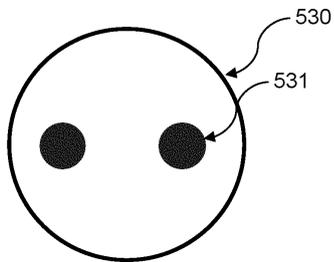
도면6



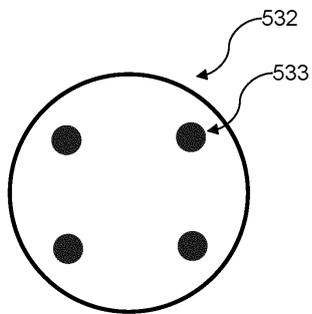
도면7



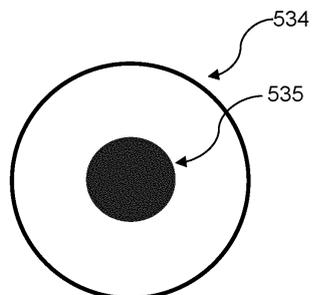
도면8a



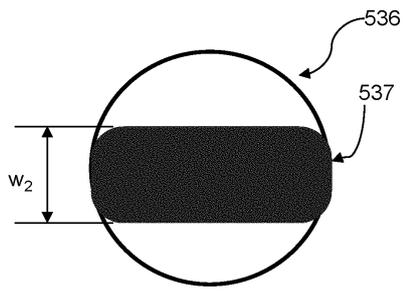
도면8b



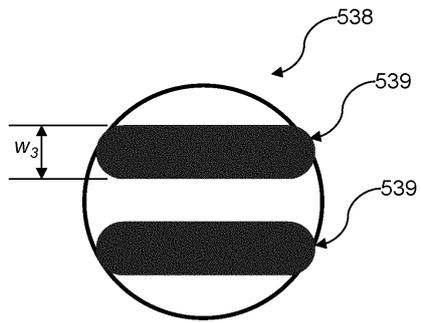
도면8c



도면9a



도면9b



도면9c

