



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년07월07일
(11) 등록번호 10-2830574
(24) 등록일자 2025년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/24 (2012.01) G03F 1/40 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G03F 1/24 (2013.01)
G03F 1/40 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7011177
(22) 출원일자(국제) 2018년12월21일
심사청구일자 2021년12월03일
(85) 번역문제출일자 2020년04월17일
(65) 공개번호 10-2020-0100604
(43) 공개일자 2020년08월26일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2018/047246
(87) 국제공개번호 WO 2019/131506
국제공개일자 2019년07월04일
(30) 우선권주장
JP-P-2017-251163 2017년12월27일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2015215602 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
호야 가부시킴가이사
일본 도쿄도 신주꾸구 니시신주꾸 6초메 10-1
(72) 발명자
나카가와 마사노리
일본국 1608347 도쿄도 신주꾸구 니시신주꾸 6초
메 10-1호야 가부시킴가이사 내
쇼키 츠토무
일본국 1608347 도쿄도 신주꾸구 니시신주꾸 6초
메 10-1호야 가부시킴가이사 내
(74) 대리인
특허법인(유한) 다래

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 민경구

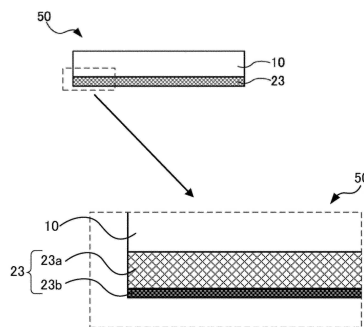
(54) 발명의 명칭 도전막 부착 기관, 다층 반사막 부착 기관, 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크 및 반도체 장치의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 제조하기 위한 도전막 부착 기관을 제공한다.

리소그래피에 사용되는 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 상의 한쪽의 표면에, 도전막(23)이 형성된 도전막 부착 기관(50)으로서, 상기 도전막은, 상기 기관측에 설치된 투명 도전층(23a)과, 상기 투명 도전층의 위에 설치된 상층(23b)을 포함하고, 상기 도전막의 파장 532nm의 광에 있어서의 투과율이 10% 이상이며, 상기 상층은, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 재료로 이루어지고, 상기 상층의 막 두께가 0.5nm 이상 10nm 미만인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기관이다.

대표도



(56) 선행기술조사문헌

JP2017102475 A

KR1020080092363 A

KR1020160140511 A

KR1020170095837 A

JP2013201227 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

리소그래피에 사용되는 마스크 블랭크용 기판의 주표면 상의 한쪽의 표면에, 도전막이 형성된 도전막 부착 기판으로서,

상기 도전막은, 상기 기판측에 설치된 도전층과, 상기 도전층의 위에 설치된 상층을 포함하고,

상기 도전막의 시트 저항은, $210\Omega/\square$ 이하이며,

상기 도전막의 기계 강도는, 크랙 발생 강도의 값으로 500mN보다 크고,

상기 상층은, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 재료로 이루어지며,

상기 상층의 막 두께가 0.5nm 이상 10nm 미만이고,

상기 도전막은, 132mm×132mm의 영역에 있어서의 막 응력에 의한 기판의 변형량(CTIR)이 $350\text{nm}\pm 300\text{nm}$ 의 범위 내인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 상층의 막 두께는, 상기 도전층의 막 두께보다도 작은 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도전층은, 금속을 포함하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도전층의 막 두께는, 6nm 이상 50nm 이하인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도전막의 표면의, $10\mu\text{m}\times 10\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는, 0.6nm 이하인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 상층은, 아몰퍼스를 포함하는 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도전층은, 니켈(Ni), 크롬(Cr), 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag), 동(Cu), 티탄(Ti), 텅스텐(W), 인듐(In), 백금(Pt), 몰리브덴(Mo), 로듐(Rh), 및 아연(Zn)으로부터 선택되는 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 8

다층 반사막 부착 기관으로서,

제 1 항에 기재한 도전막 부착 기관의 상기 도전막이 형성되어 있는 측과는 반대측의 주표면의 위에, 고굴절률 층과 저굴절률층을 번갈아 적층한 다층 반사막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기관.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 다층 반사막의 위에 보호막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기관.

청구항 10

반사형 마스크 블랭크로서,

제 8 항에 기재한 다층 반사막 부착 기관의 상기 다층 반사막의 위, 또는 제 9 항에 기재한 상기 보호막의 위에, 흡수체막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 11

반사형 마스크로서,

제 10 항에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을 패터닝하여, 상기 다층 반사막의 위, 또는 보호막의 위에 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크.

청구항 12

반도체 장치의 제조 방법으로서,

제 11 항에 기재한 반사형 마스크를 이용하여, 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스를 행하여, 피전사체의 위에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, EUV 리소그래피에 이용하기 위한 도전막 부착 기관, 다층 반사막 부착 기관, 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크 및 반도체 장치의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래, 반도체 산업에 있어서, 반도체 장치의 고집적화에 수반하여, 종래의 자외광을 이용한 포토리소그래피법의 전사 한계를 상회하는 미세 패턴이 필요하게 되어 오고 있다. 이와 같은 미세 패턴 형성을 가능하게 하기 위해, 극자외(Extreme Ultra Violet: 이하, 「EUV」라고 부른다.)광을 이용한 노광 기술인 EUV 리소그래피가 유망시되고 있다. 여기에서, EUV 광이란, 연(軟)X선 영역 또는 진공 자외선 영역의 파장대의 광을 가리키고, 구체적으로는 파장이 0.2~100nm 정도의 광을 말한다. 이 EUV 리소그래피에 있어서 이용되는 전사용 마스크로서 반사형 마스크가 제안되어 있다. 이와 같은 반사형 마스크는, 기관 상에 노광광을 반사하는 다층 반사막이 형성되고, 다층 반사막 상에 노광광을 흡수하는 흡수체막이 패턴상(狀)으로 형성된 것이다.

[0003] 반사형 마스크는, 기관과, 기관 상에 형성된 다층 반사막과, 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막을 갖는 반사형 마스크 블랭크로부터, 포토리소그래피법 등에 의해 흡수체막 패턴을 형성함으로써 제조된다.

[0004] 다층 반사막 및 흡수체막의 성막은, 스퍼터링 등의 성막 방법을 이용하여 성막되는 것이 일반적이다. 그 성막 시, 반사형 마스크 블랭크용 기관은, 성막 장치 내에, 지지 수단에 의해 지지된다. 기관의 지지 수단으로서, 정전 척이 이용되고 있다. 그 때문에, 유리 기관 등의 절연성의 반사형 마스크 블랭크용 기관의 이면(다층 반사막 등이 형성되는 표면과는 반대측의 면)에는, 정전 척에 의한 기관의 고정을 촉진하기 위해, 도전막(이면 도전막)이 형성된다.

[0005] 도전막 부착 기관의 예로서, 특허문헌 1에는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크의 제조에 사용되는 도전막 부착 기관이 기재되어 있다. 구체적으로는, 특허문헌 1에는, 상기 도전막은 크롬(Cr) 및 질소(N)를 함유하고, 상기 도전막에 있어서의 N의 평균 농도가 0.1 at% 이상 40 at% 미만이며, 상기 도전막의 적어도 표면의

결정 상태가 아몰퍼스이고, 상기 도전막의 표면 거칠기(rms)가 0.5nm 이하이며, 상기 도전막은, 기관층에 있어서의 N 농도가 낮고, 표면층에 있어서의 N 농도가 높아지도록, 도전막 중의 N 농도가 해당 도전막의 두께 방향을 따라 변화한 경사 조성막인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기관이 기재되어 있다.

[0006] 특허문헌 2에는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크의 제조에 사용되는 도전막 부착 기관이 기재되어 있다. 구체적으로는, 특허문헌 2에는, 상기 도전막의 주재료는, Cr, Ti, Zr, Nb, Ni 및 V로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나로 이루어지고, 상기 도전막은 평균 농도 1~70 at%로 B(붕소)를 함유하며, 상기 도전막은, 기관층에 있어서의 B 평균 농도가 낮고, 표면층에 있어서의 B 평균 농도가 높아지도록, 도전막 중의 B의 농도가 해당 도전막의 두께 방향을 따라 변화한 경사 조성막인 도전막 부착 기관이 기재되어 있다.

[0007] 특허문헌 3에는, 포토리소그래피용의 전사용 마스크의 오차를 보정하는 방법이 기재되어 있다. 구체적으로는, 특허문헌 3에는, 전사용 마스크의 기관에 대하여 펄스 레이저 펄스를 국소적으로 조사함으로써, 기관 표면 또는 기관 내부를 개질하여, 전사용 마스크의 오차를 보정하는 것이 기재되어 있다. 특허문헌 3에는, 펄스 레이저 펄스를 발생시키는 레이저로는, 사파이어 레이저(파장 800nm) 및 Nd-YAG 레이저(532nm) 등이 예시되어 있다.

[0008] 특허문헌 4에는, 기관의 후면 상에 퇴적시킨 코팅을 포함하는 포토리소그래피 마스크를 위한 기관이 기재되어 있다. 특허문헌 4에는, 코팅이, 적어도 하나의 금속을 포함하는 적어도 하나의 제 1 층, 및 적어도 하나의 금속 질화물을 포함하는 적어도 하나의 제 2 층을 포함하는 것, 및 적어도 하나의 제 1 층은, 니켈(Ni), 크롬(Cr), 또는 티탄(Ti)을 포함하는 적어도 하나의 도전층을 포함하는 것이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 일본국 특허 제4978626호 공보
- (특허문헌 0002) 일본국 특허 제5082857호 공보
- (특허문헌 0003) 일본국 특허 제5883249호 공보
- (특허문헌 0004) 일본국 특허 제6107829호 공보

발명의 내용

[0010] 특허문헌 3에는, 레이저 빔에 의해, 포토리소그래피용 마스크의 오차를 보정하는 방법이 기재되어 있다. 특허문헌 3에 기재한 기술을 반사형 마스크에 적용할 때에는, 기관의 제 2 주표면(이면)측으로부터 레이저 빔을 조사하는 것을 생각할 수 있다. 그러나, 반사형 마스크의 기관의 제 2 주표면에는, 크롬(Cr) 등을 포함하는 재료로 이루어지는 이면 도전막(단지 「도전막」이라고 하는 경우가 있다.)이 배치되어 있으므로, 레이저 빔이 투과하기 어렵다는 문제가 발생한다.

[0011] 또, 반도체 장치를 제조하기 위한 패턴 전사 장치는, 통상, 스테이지에 탑재되는 반사형 마스크를 고정하기 위한 정전 척을 구비하고 있다. 반사형 마스크의 이면에 형성된 도전막은, 정전 척에 의해, 패턴 전사 장치의 스테이지에 고정된다. 따라서, 도전막으로는, 소정의 기계 강도를 만족시킬 필요가 있다. 상기 패턴 전사 장치에 있어서, 반사형 마스크를 탑재하는 스테이지의 이동 속도를 빠르게 하여 생산 효율을 올리려고 하면, 이면 도전막에 더욱 부하가 걸린다. 그 때문에, 이면 도전막은, 보다 높은 기계 강도를 갖는 것이 요망된다. 이면 도전막으로는, 그 외에도, 시트 저항, 표면 거칠기 및 막 응력에 의한 기관의 변형량(CTIR)의 요구치를 만족시키는 것이 바람직하다.

[0012] 그래서, 본 발명은, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또, 본 발명은, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 제조하기 위한 도전막 부착 기관, 다층 반사막 부착 기관 및 반사형 마스크 블랭크를 얻는 것을 목적으로 한다.

[0013] 발명자들은, 상술의 과제를 해결하기 위해서는, 적어도 532nm의 파장의 광에 대한 투과율이 10% 이상인 재료를

이용하여 이면 도전막을 형성할 필요가 있는 것을 발견했다. 이와 같은 재료의 도전막으로서, 투명 도전막을 이용할 수 있다. 또, 본 발명자들은, 투명 도전막(투명 도전층)의 기계 강도가 불충분한 경우라도, 이면 도전막의 상층으로서 소정의 막 두께의 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 막을 형성하면, 이면 도전막에 요구되는 기계 강도가 얻어지는 동시에, 시트 저항, 표면 거칠기 및 막 응력에 의한 기관의 변형량(CTIR)의 요구치를 모두 만족시키는 것이 가능한 것을 발견했다.

- [0014] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.
- [0015] (구성 1)
- [0016] 본 발명의 구성 1은, 리소그래피에 사용되는 마스크 블랭크용 기관의 주표면 상의 한쪽의 표면에, 도전막이 형성된 도전막 부착 기관이다. 상기 도전막은, 상기 기관측에 설치된 투명 도전층과, 상기 투명 도전층의 위에 설치된 상층을 포함한다. 상기 도전막의 파장 532nm의 광에 있어서의 투과율이 10% 이상이다. 상기 상층은, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 재료로 이루어지고, 상기 상층의 막 두께가 0.5nm 이상 10nm 미만이다.
- [0017] 본 발명의 구성 1의 도전막 부착 기관에 배치되는 이면 도전막은, 파장 532nm의 레이저 빔 등을 투과하는 것이 가능하다. 또, 본 발명의 구성 1의 이면 도전막은, 소정의 상층을 포함함으로써, 기계 강도가 높다. 그 때문에, 본 발명의 구성 1에 의하면, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 제조하기 위한 도전막 부착 기관을 제공할 수 있다.
- [0018] (구성 2)
- [0019] 본 발명의 구성 2는, 상기 상층의 막 두께가, 상기 투명 도전층의 막 두께보다도 작은 것을 특징으로 하는 구성 1의 도전막 부착 기관이다.
- [0020] 본 발명의 구성 2에 의하면, 상층의 막 두께가 얇음으로써, 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 때에, 상층에서의 레이저 빔의 흡수를 저감할 수 있다.
- [0021] (구성 3)
- [0022] 본 발명의 구성 3은, 상기 투명 도전층이, 티탄(Ti) 및 질소(N)를 포함하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2의 도전막 부착 기관이다.
- [0023] 본 발명의 구성 3에 의하면, 투명 도전층이, 티탄(Ti) 및 질소(N)를 포함하는 재료로 이루어짐으로써, 적절한 투과율 및 도전성을 갖는 투명 도전층을 얻을 수 있다.
- [0024] (구성 4)
- [0025] 본 발명의 구성 4는, 상기 투명 도전층의 막 두께는, 6nm 이상 30nm 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 3 중 어느 것의 도전막 부착 기관이다.
- [0026] 본 발명의 구성 4에 의하면, 투명 도전층이 소정의 막 두께인 것에 의해, 보다 적절한 투과율 및 도전성을 갖는 투명 도전층을 얻을 수 있다.
- [0027] (구성 5)
- [0028] 본 발명의 구성 5는, 상기 도전막의 표면의, 10 μ m \times 10 μ m의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)가, 0.6nm 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 4 중 어느 것의 도전막 부착 기관이다.
- [0029] 본 발명의 구성 5에 의하면, 도전막의 표면이 소정의 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)인 것에 의해, 정전 척과 도전막의 스침에 의한 파티클의 발생을 방지할 수 있다.
- [0030] (구성 6)
- [0031] 본 발명의 구성 6은, 구성 1 내지 5 중 어느 것의 도전막 부착 기관의 상기 도전막이 형성되어 있는 측과는 반대측의 주표면의 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 번갈아 적층한 다층 반사막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기관이다.
- [0032] 본 발명의 구성 6에 의하면, 소정의 다층 반사막에 의해 소정의 파장의 EUV 광을 반사할 수 있다.

- [0033] (구성 7)
- [0034] 본 발명의 구성 7은, 상기 다층 반사막의 위에 보호막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 구성 6의 다층 반사막 부착 기관이다.
- [0035] 본 발명의 구성 7에 의하면, 다층 반사막 상에 보호막이 형성되어 있음으로써, 다층 반사막 부착 기관을 이용하여 반사형 마스크(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막 표면의 데미지를 억제할 수 있으므로, EUV 광에 대한 반사율 특성이 양호해진다.
- [0036] (구성 8)
- [0037] 본 발명의 구성 8은, 구성 6의 다층 반사막 부착 기관의 상기 다층 반사막의 위, 또는 구성 7의 상기 보호막의 위에, 흡수체막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0038] 본 발명의 구성 8에 의하면, 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막이 EUV 광을 흡수할 수 있기 때문에, 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막을 패터닝함으로써, 본 발명의 반사형 마스크(EUV 마스크)를 제조할 수 있다.
- [0039] (구성 9)
- [0040] 본 발명의 구성 9는, 구성 8의 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을 패터닝하여, 상기 다층 반사막의 위, 또는 보호막의 위에 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크이다.
- [0041] 본 발명의 구성 9에 의하면, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 얻을 수 있다.
- [0042] (구성 10)
- [0043] 본 발명의 구성 10은, 구성 9의 반사형 마스크를 이용하여, 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스를 행하여, 피전사체의 위에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법이다.
- [0044] 본 발명의 구성 10의 반도체 장치의 제조 방법에 의하면, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를, 반도체 장치의 제조를 위해 이용할 수 있다. 그 때문에, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.
- [0045] 본 발명에 의하면, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 제공할 수 있다. 또, 본 발명에 의하면, 기계 강도가 높은 이면 도전막을 갖고, 또한 반사형 마스크의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크를 제조하기 위한 도전막 부착 기관, 다층 반사막 부착 기관 및 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0046] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태의 도전막 부착 기관의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시 형태의 다층 반사막 부착 기관의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 3은 본 발명의 일 실시 형태의 다층 반사막 부착 기관(도전막 부착 기관)의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시 형태의 반사형 마스크의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크의 구성의 다른 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 7은 도 1에 나타내는 본 발명의 일 실시 형태에 관한 도전막 부착 기관의, 도전막이 형성되어 있는 부분을 확대한 일례를 나타내는 단면 모식도이다.
- 도 8은 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크를 제작하는 공정을 단면 모식도로 나타낸 공정도이다.
- 도 9는 크랙 발생 하중의 측정을 설명하기 위한 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0047] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해서, 도면을 참조하면서 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 실시 형태는, 본 발명을 구체화할 때의 형태로서, 본 발명을 그 범위 내로 한정하는 것은 아니다.
- [0048] 본 발명은, 마스크 블랭크용 기관의 주표면 상의 한쪽의 표면에, 도전막이 형성된 도전막 부착 기관이다. 마스크 블랭크용 기관의 주표면(main surface) 중, 도전막(「이면 도전막」이라고도 한다.)이 형성되는 주표면을, 「이면(back surface)」이라고 한다. 또, 본 발명은, 도전막 부착 기관의 도전막이 형성되어 있지 않은 주표면(「표면(front surface)」이라고 하는 경우가 있다.)의 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 번갈아 적층한 다층 반사막이 형성된 다층 반사막 부착 기관이다.
- [0049] 또, 본 발명은, 다층 반사막 부착 기관의 다층 반사막의 위에 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0050] 도 1은, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 도전막 부착 기관(50)은, 마스크 블랭크용 기관(10)의 이면의 위에, 이면 도전막(23)이 형성된 구조를 갖는다. 또한, 본 명세서에 있어서, 도전막 부착 기관(50)이란, 적어도 마스크 블랭크용 기관(10)의 이면에 이면 도전막(23)이 형성된 것이고, 다른 주표면의 위에 다층 반사막(21)이 형성된 것(다층 반사막 부착 기관(20)), 및 추가로 흡수체막(24)이 형성된 것(반사형 마스크 블랭크(30)) 등도, 도전막 부착 기관(50)에 포함된다. 본 명세서에서는, 이면 도전막(23)을, 단지 도전막(23)이라고 하는 경우가 있다.
- [0051] 도 2에, 다층 반사막 부착 기관(20)의 일례를 나타낸다. 도 2에 나타내는 다층 반사막 부착 기관(20)의 주표면의 위에 다층 반사막(21)이 형성되어 있다. 도 3에, 이면에 이면 도전막(23)이 형성된 다층 반사막 부착 기관(20)을 나타낸다. 도 3에 나타내는 다층 반사막 부착 기관(20)은, 그 이면에, 이면 도전막(23)을 포함하므로, 도전막 부착 기관(50)의 일종이다.
- [0052] 도 6은, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면의 위에, 마스크 블랭크용 다층막(26)을 갖는다. 본 명세서에 있어서, 마스크 블랭크용 다층막(26)이란, 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면의 위에 적층하여 형성되는, 다층 반사막(21) 및 흡수체막(24)을 포함하는 복수의 막이다. 마스크 블랭크용 다층막(26)은, 추가로, 다층 반사막(21) 및 흡수체막(24)의 사이에 형성되는 보호막(22), 및/또는 흡수체막(24)의 표면에 형성되는 에칭 마스크막(25) 등을 포함할 수 있다. 도 6에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 위의 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21), 보호막(22), 흡수체막(24) 및 에칭 마스크막(25)을 갖고 있다. 또한, 에칭 마스크막(25)을 갖는 반사형 마스크 블랭크(30)를 이용하는 경우, 후술과 같이, 흡수체막(24)에 전사 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(25)을 박리해도 된다. 또, 에칭 마스크막(25)을 형성하지 않는 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 흡수체막(24)을 복수층의 적층 구조로 하고, 이 복수층을 구성하는 재료가 서로 다른 에칭 특성을 갖는 재료로 하여, 에칭 마스크 기능을 가진 흡수체막(24)으로 한 반사형 마스크 블랭크(30)로 해도 된다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 그 이면에, 이면 도전막(23)을 포함한다. 따라서, 도 6에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)는, 도전막 부착 기관(50)의 일종이다.
- [0053] 본 명세서에 있어서, 「마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면의 위에, 다층 반사막(21)을 갖는다」란, 다층 반사막(21)이, 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면에 접하여 배치되는 것을 의미하는 경우 외, 마스크 블랭크용 기관(10)과, 다층 반사막(21)의 사이에 다른 막을 갖는 것을 의미하는 경우도 포함한다. 다른 막에 대해서도 마찬가지이다. 예를 들면 「막 A의 위에 막 B를 갖는다」란, 막 A와 막 B가 직접, 접하도록 배치되어 있는 것을 의미하는 것 외에, 막 A와 막 B의 사이에 다른 막을 갖는 경우도 포함한다. 또, 본 명세서에 있어서, 예를 들면 「막 A가 막 B의 표면에 접하여 배치된다」란, 막 A와 막 B의 사이에 다른 막을 개재하지 않고, 막 A와 막 B가 직접, 접하도록 배치되어 있는 것을 의미한다. 또, 본 명세서에 있어서, 「위」란, 마스크 블랭크용 기관(10)으로부터, 멀어지는 방향을 의미하는 경우가 있다.
- [0054] 도 4는, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 다른 일례를 나타내는 모식도이다. 도 4의 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21), 보호막(22) 및 흡수체막(24)을 갖고 있지만, 에칭 마스크막(25)을 갖고 있지 않다. 또, 도 4의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 그 이면에, 이면 도전막(23)을 포함한다. 따라서, 도 4에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)는, 도전막 부착 기관(50)의 일종이다.
- [0055] 다음으로, 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면, 및 반사형 마스크 블랭크(30) 등을 구성하는 막의 표면의 표면 형

태를 나타내는 파라미터인 표면 거칠기(Rms)에 대해서 설명한다.

[0056] 대표적인 표면 거칠기의 지표인 Rms(Root means square)는, 제곱 평균 평방근 거칠기이고, 평균선부터 측정 곡선까지의 편차의 제곱을 평균한 값의 평방근이다. Rms는 하기 식 (1)로 표시된다.

[0057] [수 1]

$$Rms = \sqrt{\frac{1}{l} \int Z^2(x) dx} \dots (1)$$

[0058] 식 (1)에 있어서, l은 기준 길이이고, Z는 평균선부터 측정 곡선까지의 높이이다.

[0060] Rms는, 종래부터 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면 거칠기의 관리에 이용되고 있으며, 표면 거칠기를 수치로 파악할 수 있다.

[0061] 다음으로, 반사형 마스크 블랭크(30) 등을 구성하는 막의 막 응력에 의한 기관의 변형량을 나타내는 파라미터로서 CTIR(Coordinate Total Indicated Reading)에 대해서 설명한다. 우선, 도전막(23)을 형성하기 전의 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면(이면)을 측정하여 도전막(23)의 성막 전의 기관의 표면 형상을 취득한다. 다음으로, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면(이면)에 도전막(23)이 성막된 도전막 부착 기관(50)의 표면을 측정하여, 도전막(23)의 성막 후의 표면 형상을 취득한다. CTIR은, 기관(10)의 표면 형상과 도전막(23)의 표면 형상의 사이에서 차분(差分) 형상을 산출하고, 이 차분 형상에 있어서 가장 높은 값과 가장 낮은 값의 차의 절댓값이다.

[0062] 표면 형상은, 표면 형상 해석 장치(표면 형상 측정 장치)를 이용하여 행할 수 있다. 표면 형상의 측정 방법은, 공지의 방법을 이용할 수 있다. 단시간에 고정밀도의 표면 형상을 측정할 수 있는 점에서, 조사한 광의 간섭 무늬를 이용한 표면 형상의 측정 방법을 이용하는 것이 바람직하다. 이와 같은 표면 형상을 측정하는 장치에서는, 레이저광과 같은 코히런트의 경향이 강한 검사광을 피측정 대상물의 측정 영역 전체에 조사하여, 그 표면에서 반사된 광과, 높은 평탄도를 갖는 기준 표면에서 반사된 광과의 사이에서 간섭 무늬상(像)을 생성해, 그 간섭 무늬상을 화상 해석함으로써, 그 기관의 표면 형상을 취득한다. 이와 같은 장치(표면 형상 해석 장치)로서, 예를 들면, UltraFLAT 200M(Corning TROPEL사 제조)을 이용할 수 있다.

[0063] 표면 형상의 측정은, 일반적으로 다음과 같은 방법에 의해 행할 수 있다. 우선, 측정 대상의 표면 상에 그리드 상(狀)으로 측정점을 배치하고, 각 측정점의 높이 정보(이때의 기준면은, 예를 들면 측정 장치의 참조 평면이다.)를, 표면 형상 측정 장치에 의해 취득한다. 다음으로, 각 측정점의 높이 정보에 의거하여, 최소 제곱법에 의해 근사(近似)한 면(최소 제곱 평면)을 산출하고, 이것을 기준면으로 한다. 다음으로, 상기의 각 측정점의 높이 정보를, 그 기준면(최소 제곱 평면)을 기준으로 한 각 측정점의 높이로 환산하고, 그 결과를, 각 측정점에 있어서의 표면 형상의 정보로 한다.

[0064] 표면 형상의 측정 영역의 크기는, 기관의 크기, 반사형 마스크로서 이용하는 경우의 패턴의 크기 및 정전 척의 사이즈 등에 따라, 적절히 선택할 수 있다. 여기에서는, 132mm×132mm를 측정 영역으로 한다.

[0065] 다음으로, 본 발명의 도전막 부착 기관(50), 다층 반사막 부착 기관(20), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 반사형 마스크(40)에 대하여, 더욱 구체적으로 설명한다. 우선, 본 발명의 도전막 부착 기관(50), 다층 반사막 부착 기관(20), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 반사형 마스크(40)에 이용되는 마스크 블랭크용 기관(10)(단지 「기관(10)」이라고 하는 경우가 있다.)에 대하여 설명한다.

[0066] [마스크 블랭크용 기관(10)]

[0067] 기관(10)으로는, EUV 광에 의한 노광 시의 열에 의한 흡수체 패턴(24a)의 왜곡을 방지하기 위해, 0±5ppb/℃의 범위 내의 저(低)열팽창 계수를 갖는 것이 바람직하게 이용된다. 이 범위의 저열팽창 계수를 갖는 소재로서, 예를 들면, SiO₂-TiO₂계 유리, 및 다성분계 유리 세라믹스 등을 이용할 수 있다.

[0068] 기관(10)의 전사 패턴(후술의 흡수체 패턴(24a))이 형성되는 측의 제 1 주표면은, 적어도 패턴 전사 정밀도, 및 위치 정밀도를 얻는 관점에서 고평탄도가 되도록 표면 가공되어 있다. EUV 노광의 경우, 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면의 132mm×132mm의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1μm 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.05μm 이하, 더욱 바람직하게는 0.03μm 이하이다. 또, 제 1 주표면의 반대측의 제 2 주표면은, 노광

장치에 세트할 때에 정전 척되는 면이다. 제 2 주표면은, 132mm×132mm의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1 μ m 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.05 μ m 이하, 더욱 바람직하게는 0.03 μ m 이하이다. 또한, 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서의 제 2 주표면층의 평탄도는, 142mm×142mm의 영역에 있어서, 평탄도가 1 μ m 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 0.5 μ m 이하, 더욱 바람직하게는 0.3 μ m 이하이다.

[0069] 또, 기관(10)의 표면 평활도의 높이도 지극히 중요한 항목이다. 전사용의 흡수체 패턴(24a)이 형성되는 제 1 주표면의 표면 거칠기는, 제곱 평균 평방근 거칠기(RMS)로 0.1nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, 표면 평활도는, 원자간력 현미경으로 측정할 수 있다.

[0070] 또한, 기관(10)은, 그 위에 형성되는 막(다층 반사막(21) 등)의 막 응력에 의한 변형을 방지하기 위해, 높은 강성을 갖고 있는 것이 바람직하다. 특히, 기관(10)은, 65GPa 이상의 높은 영률을 갖고 있는 것이 바람직하다.

[0071] 본 발명의 다층 반사막 부착 기관(20)은, 기관(10)의 표면에 접하여 하지막(下地膜)을 가질 수 있다. 하지막은, 기관(10)과 다층 반사막(21)의 사이에 형성되는 박막이다. 하지막을 가짐으로써, 전자선에 의한 마스크 패턴 결함 검사 시의 차지 업을 방지하는 동시에, 다층 반사막(21)의 위상 결함이 적고, 높은 표면 평활성을 얻을 수 있다.

[0072] 하지막의 재료로서, 루테튬 또는 탄탈을 주성분으로서 포함하는 재료가 바람직하게 이용된다. 예를 들면, Ru 금속 단체(單體), Ta 금속 단체여도 되고, Ru 또는 Ta에 티탄(Ti), 니오브(Nb), 몰리브덴(Mo), 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 붕소(B), 란탄(La), 코발트(Co) 및/또는 레늄(Re) 등의 금속을 함유한 Ru 합금 또는 Ta 합금이어도 된다. 하지막의 막 두께는, 이면 도전막(23)의 소정의 광의 투과율에 대해 악영향을 주지 않는 범위로 할 수 있다. 하지막의 막 두께는, 예를 들면 1nm~10nm의 범위일 수 있다.

[0073] [다층 반사막 부착 기관(20)]

[0074] 다음으로, 본 발명의 도전막 부착 기관(50) 및 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용할 수 있는 다층 반사막 부착 기관(20)에 대해서 이하에 설명한다.

[0075] 도 2는, 본 발명의 이면 도전막(23) 및 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용할 수 있는 다층 반사막 부착 기관(20)의 일례를 나타내는 모식도이다. 또, 도 3에, 본 발명의 다층 반사막 부착 기관(20)의 다른 일례의 모식도를 나타낸다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 다층 반사막 부착 기관(20)이 소정의 이면 도전막(23)을 갖는 경우에는, 이 다층 반사막 부착 기관(20)은, 본 발명의 이면 도전막(23)의 일종이다. 본 명세서에서는, 도 2 및 도 3의 양쪽에 나타내는 다층 반사막 부착 기관(20)을, 본 실시 형태의 다층 반사막 부착 기관(20)이라고 한다.

[0076] <다층 반사막(21)>

[0077] 본 실시 형태의 다층 반사막 부착 기관(20)은, 이면 도전막(23)이 형성되는 측과는 반대측의 주표면 상에, 고굴절률층과 저굴절률층을 번갈아 적층한 다층 반사막(21)이 형성되어 있다. 본 실시 형태의 다층 반사막 부착 기관(20)은, 소정의 다층 반사막(21)을 가짐으로써, 소정 파장의 EUV 광을 반사할 수 있다.

[0078] 또한, 도 2에 나타내는 바와 같이, 본 발명에서는, 이면 도전막(23)을 형성하기 전에 다층 반사막(21)을 형성할 수 있다. 또, 도 1에 나타내는 바와 같이 이면 도전막(23)을 형성하고, 그 후, 도 3에 나타내는 바와 같이 다층 반사막(21)을 형성해도 된다.

[0079] 다층 반사막(21)은, 반사형 마스크(40)에 있어서, EUV 광을 반사하는 기능을 부여하는 것이다. 다층 반사막(21)은, 굴절률이 다른 원소를 주성분으로 하는 각 층이 주기적으로 적층된 다층막의 구성을 갖는다.

[0080] 일반적으로, 다층 반사막(21)으로서, 고굴절률 재료인 경(輕)원소 또는 그 화합물의 박막(고굴절률층)과, 저굴절률 재료인 중(重)원소 또는 그 화합물의 박막(저굴절률층)이 번갈아 40부터 60 주기 정도 적층된 다층막이 이용된다. 다층막은, 기관(10)측부터 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순서대로 적층한 고굴절률층/저굴절률층의 적층 구조를 1 주기로 하여 복수 주기 적층해도 되고, 기관(10)측부터 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순서대로 적층한 저굴절률층/고굴절률층의 적층 구조를 1 주기로 하여 복수 주기 적층해도 된다. 또한, 다층 반사막(21)의 최표면의 층(즉 다층 반사막(21)의 기관(10)과 반대측의 표면층)은, 고굴절률층인 것이 바람직하다. 상술의 다층막에 있어서, 기관(10)에, 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순서대로 적층한 적층 구조(고굴절률층/저굴절률층)를 1 주기로 하여 복수 주기 적층하는 경우, 최상층이 저굴절률층이 된다. 다층 반사막(21)의 최표면의 저굴절률층은, 용이하게 산화되어 버리므로, 다층 반사막(21)의 반사율이 감소한다. 반사율의 감소를 피하기 위해, 최상층의 저굴절률층 상에, 고굴절률층을 추가로 형성하여 다층 반사막(21)으로 하는 것이 바람직하다.

한편, 상술의 다층막에 있어서, 기판(10)에, 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순서대로 적층한 적층 구조(저굴절률층/고굴절률층)를 1 주기로 하여, 복수 주기 적층하는 경우는, 최상층이 고굴절률층이 된다. 이 경우에는, 고굴절률층을 추가로 형성할 필요가 없다.

[0081] 본 실시 형태에 있어서, 고굴절률층으로는, 규소(Si)를 포함하는 층이 채용된다. Si를 포함하는 재료로는, Si 단체 외에, Si에, 붕소(B), 탄소(C), 질소(N), 및/또는 산소(O)를 포함하는 Si 화합물을 이용할 수 있다. Si를 포함하는 층을 고굴절률층으로서 사용함으로써, EUV 광의 반사율이 뛰어난 EUV 리소그래피용 반사형 마스크(40)가 얻어진다. 또, 본 실시 형태에 있어서, 기판(10)으로는 유리 기판이 바람직하게 이용된다. Si는 유리 기판과의 밀착성에 있어서도 뛰어나다. 또, 저굴절률층으로는, 몰리브덴(Mo), 루테튬(Ru), 로듐(Rh), 및 백금(Pt)으로부터 선택되는 금속 단체, 또는 이들의 합금이 이용된다. 예를 들면 파장 13nm에서 14nm인 EUV 광에 대한 다층 반사막(21)으로는, 바람직하게는 Mo 막과 Si 막을 번갈아 40부터 60 주기 정도 적층한 Mo/Si 주기 적층막이 이용된다. 또한, 다층 반사막(21)의 최상층인 고굴절률층을 규소(Si)로 형성하고, 이 최상층(Si)과 Ru 계 보호막(22)의 사이에, 규소와 산소를 포함하는 규소 산화물층을 형성할 수 있다. 규소 산화물층을 형성함으로써, 반사형 마스크(40)의 세정 내성을 향상시킬 수 있다.

[0082] 상술의 다층 반사막(21)의 단독에서의 반사율은 통상 65% 이상이고, 상한은 통상 73%이다. 또한, 다층 반사막(21)의 각 구성층의 두께, 및 주기는, 노광 파장에 의해 적절히 선택할 수 있고, 예를 들면 브래그 반사의 법칙을 만족시키도록 선택할 수 있다. 다층 반사막(21)에 있어서, 고굴절률층 및 저굴절률층은 각각 복수 존재한다. 복수의 고굴절률층의 두께가 같을 필요는 없고, 복수의 저굴절률층의 두께가 같을 필요는 없다. 또, 다층 반사막(21)의 최표면의 Si 층의 막 두께는, 반사율을 저하시키지 않는 범위에서 조정할 수 있다. 최표면의 Si (고굴절률층)의 막 두께는, 3nm에서 10nm로 할 수 있다.

[0083] 다층 반사막(21)의 형성 방법은 공지이다. 예를 들면 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 다층 반사막(21)의 각 층을 성막함으로써 형성할 수 있다. 상술한 Mo/Si 주기 다층막의 경우, 예를 들면 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 우선 Si 타겟을 이용하여 두께 4nm 정도의 Si 막을 기판(10)의 위에 성막하고, 그 후 Mo 타겟을 이용하여 두께 3nm 정도의 Mo 막을 성막한다. 이 Si 막/Mo 막을 1 주기로 하여, 40부터 60 주기 적층해, 다층 반사막(21)을 형성한다(최표면의 층은 Si 층으로 한다). 또, 다층 반사막(21)의 성막 시에, 이온원(源)으로부터 크립톤(Kr) 이온 입자를 공급하여, 이온 빔 스퍼터링을 행함으로써 다층 반사막(21)을 형성하는 것이 바람직하다.

[0084] < 보호막(22) >

[0085] 본 실시 형태의 다층 반사막 부착 기판(20)은, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21)의 표면 중, 마스크 블랭크용 기판(10)과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 보호막(22)을 추가로 포함하는 것이 바람직하다.

[0086] 보호막(22)은, 후술하는 반사형 마스크(40)의 제조 공정에 있어서의 드라이 에칭이나 세정으로부터 다층 반사막(21)을 보호하기 위해, 다층 반사막(21)의 위에 형성된다. 또, 전자선(EB)을 이용한 흡수체 패턴(24a)의 흑결함 수정 시에, 보호막(22)에 의해 다층 반사막(21)을 보호할 수 있다. 보호막(22)을, 3층 이상의 적층 구조로 할 수 있다. 예를 들면, 보호막(22)의 최하층과 최상층을 상기 Ru를 함유하는 물질로 이루어지는 층으로 하고, 최하층과 최상층의 사이에, Ru 이외의 금속, 또는 Ru 이외의 금속의 합금을 개재시킨 구조로 할 수 있다. 보호막(22)의 재료는, 예를 들면, 루테튬을 주성분으로서 포함하는 재료에 의해 구성된다. 루테튬을 주성분으로서 포함하는 재료로는, Ru 금속 단체, 또는 Ru에 티탄(Ti), 니오브(Nb), 몰리브덴(Mo), 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 붕소(B), 란타넘(La), 코발트(Co), 및/또는 레늄(Re) 등의 금속을 함유한 Ru 합금을 이용할 수 있다. 또, 이들의 보호막(22)의 재료는, 질소를 추가로 포함할 수 있다. 보호막(22)은, C1계 가스의 드라이 에칭으로 흡수체막(24)을 패터닝하는 경우에 유효하다.

[0087] 보호막(22)의 재료로서 Ru 합금을 이용하는 경우, Ru 합금의 Ru 함유 비율은 50 원자% 이상 100 원자% 미만, 바람직하게는 80 원자% 이상 100 원자% 미만, 더욱 바람직하게는 95 원자% 이상 100 원자% 미만이다. 특히, Ru 합금의 Ru 함유 비율이 95 원자% 이상 100 원자% 미만인 경우에는, 보호막(22)으로의 다층 반사막(21)을 구성하는 원소(규소)의 확산을 억제하면서, EUV 광의 반사율을 충분히 확보할 수 있다. 추가로 이 보호막(22)은, 마스크 세정 내성, 흡수체막(24)을 에칭 가공했을 때의 에칭 스톱퍼 기능, 및 다층 반사막(21)의 경시(經時) 변화 방지를 위한 보호 기능을 겸비하는 것이 가능해진다.

[0088] EUV 리소그래피의 경우, 노광광에 대해 투명한 물질이 적으므로, 마스크 패턴면의 이물 부착을 방지하는 EUV 펠리클이 기술적으로 간단하지 않다. 이 점에서, 펠리클을 이용하지 않는 펠리클레스 운용이 주류로 되어 있다. 또, EUV 리소그래피의 경우, EUV 노광에 의해 마스크에 카본막이 퇴적하거나, 산화막이 성장하거나 한다

는 노광 컨테미네이션이 발생한다. 그 때문에, EUV 반사형 마스크(40)를 반도체 장치의 제조에 사용하고 있는 단계에서, 자주 세정을 행하여 마스크 상의 이물 및 컨테미네이션을 제거할 필요가 있다. 이 때문에, EUV 반사형 마스크(40)에서는, 광 리소그래피용의 투과형 마스크에 비하여 현격한 차이의 마스크 세정 내성이 요구되고 있다. Ti를 함유한 Ru계의 보호막(22)을 이용하면, 황산, 황산 과수(SPM), 암모니아, 암모니아 과수(APM), OH 라디칼 세정수 및 농도가 10ppm 이하의 오존수 등의 세정액에 대한 세정 내성을 특히 높일 수 있다. 그 때문에, EUV 반사형 마스크(40)에 대한 마스크 세정 내성의 요구를 만족시키는 것이 가능해진다.

[0089] 보호막(22)의 두께는, 그 보호막(22)으로서의 기능을 다할 수 있는 한 특별히 제한되지 않는다. EUV 광의 반사율의 관점에서, 보호막(22)의 두께는, 바람직하게는, 1.0nm에서 8.0nm, 보다 바람직하게는, 1.5nm에서 6.0nm이다.

[0090] 보호막(22)의 형성 방법으로는, 공지의 막 형성 방법과 마찬가지로 그것을 특별히 제한없이 채용할 수 있다. 보호막(22)의 형성 방법의 구체예로는, 스퍼터링법 및 이온 빔 스퍼터링법을 들 수 있다.

[0091] [도전막 부착 기관(50)]

[0092] 다음으로, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)에 대해서, 설명한다. 도 2에 나타내는 다층 반사막 부착 기관(20)에 있어서, 기관(10)의 다층 반사막(21)과 접하는 면과 반대측의 면에, 소정의 이면 도전막(23)을 형성함으로써, 도 3에 나타내는 바와 같은 본 발명의 도전막 부착 기관(50)을 얻을 수 있다. 또한, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)은, 반드시 다층 반사막(21)을 가질 필요는 없다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 상의 한쪽의 표면에, 소정의 이면 도전막(23)을 형성함으로써, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)을 얻을 수도 있다.

[0093] 본 발명의 도전막 부착 기관(50)은, 리소그래피에 사용되는 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 상의 한쪽의 표면(이면)에, 도전막(23)(이면 도전막(23))이 형성된다. 도 7에 나타내는 바와 같이, 도전막(23)은, 기관측에 설치된 투명 도전층(23a)과, 투명 도전층(23a)의 위에 설치된 상층(23b)을 포함한다. 도전막(23)은, 파장 532nm의 광에 있어서의 투과율이 10% 이상이다. 상층(23b)은, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 재료로 이루어지고, 상기 상층의 막 두께가 0.5nm 이상 10nm 미만이다. 또한, 상층(23b)은, 도전막(23)을 구성하는 막 중, 마스크 블랭크용 기관(10)으로부터, 보다 멀어지는 방향에 배치되는 막이다.

[0094] 본 발명의 도전막 부착 기관(50)의 도전막(23)은, 기관(10)측에 설치된 투명 도전층(23a)을 포함한다. 투명 도전층(23a)의 재료는, 532nm의 파장의 광에 대한 투과율이 소정의 값이며, 소정의 전기 전도도를 갖는 재료이면, 어떤 재료라도 좋다.

[0095] 투명 도전층(23a)의 재료로는, 주석 도프 산화 인듐(ITO), 불소 도프 산화 주석(FTO), 알루미늄 도프 산화 아연(AZO) 또는 안티몬 도프 산화 주석(ATO) 등의 투명 도전막의 재료를 이용하는 것이 바람직하다. 투명 도전층(23a)의 막 두께를 50nm 이상으로 함으로써, 정전 적용의 이면 도전막(23)에 요구되는 전기적 특성(시트 저항)을 100Ω/□(Ω/square) 이하로 할 수 있다. 예를 들면, 막 두께 100nm의 ITO막은, 532nm의 파장의 광에 대한 투과율은 약 79.1%이며, 시트 저항은 50Ω/□이다.

[0096] 본 발명의 도전막 부착 기관(50)은, 투명 도전층(23a)은, 티탄(Ti) 및 질소(N)를 포함하는 재료로 이루어지는 것이 바람직하다. 본 발명의 도전막 부착 기관(50)에서는, 투명 도전층(23a)이, 티탄 및 질소를 포함하는 재료로 이루어짐으로써, 적절한 투과율 및 도전성을 갖는 투명 도전층(23a)을 얻을 수 있다.

[0097] 투명 도전층(23a)이, 티탄 및 질소를 포함하는 재료로 이루어지는 경우에는, 티탄 및 질소를 포함하는 재료 중의, 티탄 및 질소의 합계 함유량은 95 원자% 이상인 것이 바람직하다. 또, 티탄 및 질소를 포함하는 재료는, 화학 양론적 조성의 질화 티탄보다도 티탄을 많이 포함하는 것이 바람직하다. 즉, 투명 도전층(23a)의 재료 중의 티탄의 원자%, 및 질소의 원자%의 비(질소의 원자%/티탄의 원자%)는, 1 미만이고, 0.95 이하인 것이 바람직하고, 0.9 이하인 것이 보다 바람직하다. 투명 도전층(23a)의 재료가 티탄을 비교적 많이 포함함으로써, 투명 도전층(23a)의 재료의 전기 전도도를 높일 수 있다. 그 때문에, 투명 도전층(23a)의 시트 저항을 낮출 수 있다.

[0098] 티탄 및 질소를 포함하는 재료로 형성된 투명 도전층(23a)은, 표면 산화의 영향이 있는 표층을 제외하고, 티탄 및 질소의 농도가 균일한 균일막일 수 있다. 또, 투명 도전층(23a) 중의 티탄 및/또는 질소의 농도가, 투명 도전층(23a)의 두께 방향을 따라 변화하도록 한 조성 경사막으로 할 수 있다.

[0099] 투명 도전층(23a)을 형성하기 위한 티탄 및 질소를 포함하는 재료는, 본 발명의 효과를 해치지 않는 범위에서,

티탄 이외의 금속을 추가로 포함할 수 있다. 티탄 이외의 금속으로는, 도전성이 높은 금속인 Ag, Au, Cu, Al, Mg, W 및 Co 등을 들 수 있다. 투명 도전층(23a)을 형성하기 위한 티탄 및 질소를 포함하는 재료는, 질소 이외의 비(非)금속(예를 들면, 산소 및 붕소 등)을 포함하지 않는 것이 바람직하다. 특히, 재료가 붕소를 함유하면, 투과율 및 도전율이 함께 저하한다. 따라서, 투명 도전층(23a)을 형성하기 위한 티탄 및 질소를 포함하는 재료에는, 붕소를 포함하지 않는 것이 바람직하다.

[0100] 티탄 및 질소를 포함하는 재료의 투명 도전층(23a)은, X선 회절에 의한 회절 피크의 강도에 있어서, TiN(200)의 회절 피크의 강도의 값 $I_{(200)}$ 을, TiN(200)의 회절 피크의 강도의 값 $I_{(200)}$, 및 TiN(111)의 회절 피크의 강도의 값 $I_{(111)}$ 의 합계의 값으로 나눈 비율(I_r)이, 0.4 이상인 것이 바람직하고, 0.5 이상이 보다 바람직하며, 0.7 이상이 더욱 바람직하다. 비율(I_r)은, 다음 식에 의해 구할 수 있다.

[0101]
$$I_r = I_{(200)} / [I_{(200)} + I_{(111)}]$$

[0102] 티탄 및 질소를 포함하는 재료에 있어서, 티탄의 함유량이 증가하면, TiN(111)의 회절 피크의 강도의 값에 비하여, TiN(200)의 회절 피크의 강도의 값이 증가한다. TiN(200)의 회절 피크의 강도의 값의 비가 소정의 비 이상인 것에 의해, 투명 도전층(23a) 중의 티탄 함유량이 바람직한 값이라고 할 수 있다. 또한, 「회절 피크의 강도」란, X선 회절의 측정 시의, 소정의 결정면(結晶面)으로부터의 회절 피크에 대응하는 회절 X선의 강도를 말한다. 회절 피크의 강도는, 소정의 회절 피크의 면적에 비례하는 값이다. 소정의 회절 피크의 면적의 측정을 위해서는, 소정의 백그라운드를 빼는 등의 처리를 할 수 있다. 또한, TiN(200) 및 TiN(111)의 회절 피크의 강도는, 다음과 같이 하여 측정할 수 있다. 즉, X선 회절 장치 SmartLab(리가쿠사 제조)을 이용해, 전압 45kV, 전류 200mA에 의해 발생한 CuK α 의 특성 X선을 시료에 조사하여, 회절 X선의 강도 및 회절 각도(2θ)를 측정함으로써, 소정의 결정면에 대응하는 회절 X선의 회절 피크를 얻을 수 있다. 회절 피크의 강도는, 소정의 피크의 면적을 측정함으로써 행할 수 있다. 그때, 측정 장치 부속의 소프트웨어를 이용하여, 소정의 백그라운드를 빼는 등의 처리를 할 수 있다.

[0103] 티탄 및 질소를 포함하는 재료의 투명 도전층(23a)의 막 두께는, 8nm 이상 16nm 이하인 것이 바람직하고, 10nm 이상 16nm 이하인 것이 보다 바람직하며, 10nm 이상 14nm 이하인 것이 더욱 바람직하다. 티탄 및 질소를 포함하는 재료의 투명 도전층(23a)이 소정의 막 두께인 것에 의해, 보다 적절한 투과율 및 도전성을 갖는 투명 도전층(23a)을 얻을 수 있다. 티탄 및 질소를 포함하는 재료의 투명 도전층(23a)의 막 두께가 13nm 이하인 경우에는, 막 응력에 의한 기관의 변형률(CTIR)이 $350 \pm 150\text{nm}$ 의 범위가 되므로, 바람직하다.

[0104] 또, 투과율 및 전기 전도도가 높은 투명 도전층(23a)의 재료로는, 적어도 하나의 금속을 포함하는 재료를 이용할 수 있다. 투명 도전층(23a)의 재료로서 이용할 수 있는 금속은, 니켈(Ni), 크롬(Cr), 알루미늄(Al), 금(Au), 은(Ag), 동(Cu), 티탄(Ti), 텅스텐(W), 인듐(In), 백금(Pt), 몰리브덴(Mo), 로듐(Rh), 및 아연(Zn)으로부터 선택되는 적어도 하나일 수 있다.

[0105] 또, 원하는 투과율 및 전기적 특성을 만족시키는 범위 내에서, 이들의 금속에 붕소, 질소, 산소, 탄소 중 적어도 하나를 함유한 금속 화합물을 이용할 수 있다. 금속 재료의 투명 도전층(23a)은, ITO 등의 투명 도전막과 비교하여 전기 전도도가 높기 때문에, 박막화가 가능해진다. 금속 재료의 투명 도전층(23a)의 막 두께는, 투과율의 관점에서는 50nm 이하가 바람직하고, 20nm 이하가 보다 바람직하다. 또, 막 두께가 너무 얇으면 시트 저항이 급격하게 증가하는 경향에 있는 것, 및 성막 시의 안정성의 관점에서, 금속 재료의 투명 도전층(23a)의 막 두께는 2nm 이상이 바람직하다. 예를 들면, 막 두께 10.1nm의 Pt 막은, 532nm의 파장의 광에 대한 투과율은 20.3%이고, 시트 저항은 $25.3\Omega/\square$ 이다.

[0106] 투명 도전층(23a)의 막 두께는, 파장 532nm의 광에 있어서의 투과율 및 전기 전도도와와의 관계에서, 적절한 막 두께를 선택할 수 있다. 예를 들면, 재료의 전기 전도도가 높으면, 얇은 막 두께로 할 수 있어, 투과율을 높일 수 있다. 일반적으로는, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)의 투명 도전층(23a)의 막 두께는, 6nm 이상 30nm 이하인 것이 바람직하다. 투명 도전층(23a)이 소정의 막 두께인 것에 의해, 보다 적절한 투과율 및 도전성을 갖는 투명 도전층(23a)을 얻을 수 있다.

[0107] 다음으로, 도전막 부착 기관(50)의 이면 도전막(23)의 상층(23b)에 대해서 설명한다.

[0108] 도 7에 나타내는 바와 같이, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)의 도전막(23)은, 투명 도전층(23a)의 기관(10)측과는 반대측에 설치된 상층(23b)을 포함한다. 이면 도전막(23)이 상층(23b)을 포함함으로써, 이면 도전막(23)의 기계 강도를 높일 수 있다.

- [0109] 본 발명의 도전막 부착 기관(50)에서는, 도전막(23)의 상층(23b)이, 투명 도전층(23a)보다도 막 두께가 작은 것이 바람직하다. 본 발명의 도전막 부착 기관(50)에서는, 상층(23b)의 막 두께가 투명 도전층(23a)보다 얇음으로써, 레이저 빔 등을 기관(10)에 조사하여 반사형 마스크(40)의 위치 어긋남을 보정할 때에, 상층(23b)에서의 레이저 빔의 흡수를 저감할 수 있다.
- [0110] 이면 도전막(23)의 상층(23b)은, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 재료로 이루어진다. 이면 도전막(23)이 TaB 막의 상층(23b)을 포함함으로써, 이면 도전막(23)의 기계 강도를 보다 높일 수 있다.
- [0111] 투명 도전층(23a)의 표면의 표면 거칠기가 거친 경우, 투명 도전층(23a)의 위에 TaB 막의 상층(23b)을 성막함으로써, 표면이 평활해진다는 효과가 얻어진다. 예를 들면, TiN 막을 이면 도전막(23)으로서 이용한 경우, TiN 막은 결정 구조 때문에, 표면 거칠기가 커지는 경향이 있다. TaB 막은 아몰퍼스이기 때문에, TiN 막의 위에 성막함으로써, 이면 도전막(23)의 표면 거칠기를 작게 하는 것이 가능하다.
- [0112] 또, TaB 막은 산에 대하여 난용성(難溶性)이므로, 산을 이용한 세정에 대해, 세정 내성이 있다. 그 때문에, 상층(23b)으로서 TaB 막을 이용함으로써, 투명 도전층(23a)이, 산에 대해 가용인 경우라도, 세정 내성이 있는 반사형 마스크(40)를 얻을 수 있다.
- [0113] 또한, TaB 막은, 기관(10)의 주표면에 있어서의 투명 도전층(23a)의 형성 영역보다도 넓은 영역에 형성되어 있는 것이 바람직하다. 투명 도전층(23a)의 측벽이 TaB 막으로 덮여, 투명 도전층(23a)의 재료가 노출되지 않기 때문에, 보다 세정 내성이 뛰어난 반사형 마스크(40)를 얻는 것이 가능해진다.
- [0114] 상층(23b)은, 성막 시 등에 있어서 불가피적으로 혼입하여 존재하는 경우를 제외하고, 질소 및 산소를 함유하지 않는 것이 바람직하다. TaB를 포함하는 막을 성막할 때, 막의 조성이 Ta 및 B의 2종류만을 포함하는 재료인 쪽이, 질소 및/또는 산소를 추가로 포함하는 재료보다, 적절한 막 두께 및 조성으로 하기 위한 성막 조건의 제어가 용이하기 때문이다. 따라서, 상층(23b)은, 질소 및 산소를 함유하지 않는 것이 바람직하다.
- [0115] 이면 도전막(23)의 상층(23b)의 막 두께는, 0.5nm 이상이면 후술의 크랙 발생 하중의 값으로 500mN보다 크게 할 수 있기 때문에 바람직하고, 1.5nm 이상이면 크랙 발생 하중의 값으로 1000mN보다 크게 할 수 있기 때문에 보다 바람직하다. 또, 상층(23b)의 막 두께는, 10nm 미만인 것이 바람직하고, 5.5nm 이하인 것이 보다 바람직하다. 상층(23b)의 막 두께가, 소정의 막 두께보다 얇은 경우에는, 원하는 기계 강도를 얻는 것이 곤란해진다. 상층(23b)의 막 두께가, 소정의 막 두께보다 두꺼운 경우에는, 이면 도전막(23)의 소정 파장의 광의 투과율이 저하하기 때문에, 소정의 투과율을 얻는 것이 곤란해진다.
- [0116] 투명 도전층(23a)의 기계 강도가 불충분한 경우라도, TaB 막으로 이루어지는 상층(23b)의 막 두께를 상기의 범위 함으로써, 이면 도전막(23)에 요구되는 기계 강도를 얻는 것이 가능해진다.
- [0117] 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 포함하는 이면 도전막(23)의 막 두께는, 10nm 이상 22nm 이하인 것이 바람직하고, 12nm 이상 16nm 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0118] 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 포함하는 이면 도전막(23)의 파장 532nm의 투과율은, 10% 이상이고, 20% 이상이 바람직하며, 25% 이상이 보다 바람직하다. 파장 632nm의 투과율은, 25% 이상인 것이 바람직하다. 도전막 부착 기관(50)의 이면 도전막(23)의 소정 파장의 광의 투과율이 소정의 범위인 것에 의해, 반사형 마스크(40)의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크(40)를 얻을 수 있다.
- [0119] 또한, 본 명세서에 있어서, 투과율은, 도전막(23)을 구비한 도전막 부착 기관(50)에 대해, 도전막(23)측으로부터 파장 532nm 또는 632nm의 광을 조사하여, 도전막(23) 및 기관(10)을 투과한 투과광을 측정함으로써 얻어진 것이다.
- [0120] 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 포함하는 도전막(23)의 시트 저항은, 210Ω/□ 이하인 것이 바람직하고, 150Ω/□ 이하인 것이 보다 바람직하며, 130Ω/□ 이하인 것이 더욱 바람직하다. 시트 저항이 소정의 범위인 것에 의해, 정전 척용의 도전막(23)으로서 요구되는 전기적 특성을 만족할 수 있다. 도전막(23)의 시트 저항은, 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)의 조성 및 막 두께를 조정함으로써 제어할 수 있다.
- [0121] 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 포함하는 도전막(23)의 표면 거칠기(상층(23b)의 표면 거칠기)는, 10μm×10μm의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는, 0.6nm 이하가 바람직하고, 0.3nm 이하로 하는 것이 보다 바람직하다. 도전막(23)의 표면이 소정의 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)인 것에 의해, 정전 척과 도전막(23)의 스침에 의한 파티클의 발생을 방지할 수 있다.

- [0122] 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 포함하는 도전막(23)의 표면(상층(23b)의 표면)의 표면 형상은, 블록 형상으로, 132mm×132mm의 영역에 있어서의 막 응력에 의한 기관의 변형량(CTIR)은, 바람직하게는 350nm±300nm의 범위 내, 보다 바람직하게는 350nm±150nm의 범위 내이다.
- [0123] 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 포함하는 도전막(23)의 기계 강도는, 도전막 부착 기관(50)의 크랙 발생 하중을 측정함으로써 평가할 수 있다. 예를 들면, 생산 효율을 올리기 위해, 반사형 마스크를 탑재하는 스테이지의 이동 속도를 빠르게 하는 경우에는, 도전막(23)에의 부하가 커지기 때문에, 도전막(23)의 기계 강도를 보다 높일 필요가 있다. 기계 강도는, 크랙 발생 하중의 값으로 500mN보다 큰 것이 바람직하고, 700mN보다 큰 것이 보다 바람직하며, 1000mN보다 큰 것이 더욱 바람직하고, 1300mN보다 큰 것이 더욱더 바람직하며, 2000mN보다 큰 것이 특히 바람직하다. 크랙 발생 하중이 소정의 범위인 것에 의해, 이면 도전막(23)은, 정전 척용의 도전막(23)으로서 요구되는 기계 강도를 갖는다고 할 수 있다. 크랙 발생 하중의 측정 방법에 대해서는, 후술한다.
- [0124] 이면 도전막(23)의 형성 방법은 공지이다. 이면 도전막(23)은, 예를 들면, 마그네트론 스퍼터링법, 또는 이온빔 스퍼터링법에 의해, 소정의 금속 또는 합금의 타겟을 사용하여 형성할 수 있다. 예를 들면, TiN 막의 투명 도전층(23a)을 형성하는 경우에는, Ti의 타겟을 사용하고, 스퍼터링용의 가스로서, Ar 가스 및 N₂ 가스를 도입한다. 성막 시의 Ar 가스와 N₂ 가스의 유량비를 조정하여, 저압 성막함으로써, 질화도가 낮은 TiN 막을 얻을 수 있다. 또, 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 저압 성막함으로써, 기관과의 부착력을 크게 하여, 크랙 발생 하중을 크게 하는 것이 가능해진다.
- [0125] 이면 도전막(23)의 투명 도전층(23a) 및 상층(23b)을 형성하는 방법은, 구체적으로는, 투명 도전층(23a) 또는 상층(23b)을 형성하기 위한 기관(10)의 피(被)성막면을 위쪽을 향하게 하여, 기관(10)을 수평면 상에서 회전시키고, 기관(10)의 중심축과, 스퍼터링 타겟의 중심을 지나며 기관(10)의 중심축과는 평행한 직선이 어긋난 위치에서, 피성막면에 대하여 스퍼터링 타겟을, 소정의 각도가 되도록 경사시켜, 투명 도전층(23a) 또는 상층(23b)을 성막하는 것이 바람직하다. 스퍼터링 타겟 및 기관(10)을, 이와 같은 배치로 하여, 대향한 스퍼터링 타겟을 스퍼터링함으로써 투명 도전층(23a) 또는 상층(23b)을 성막할 수 있다. 소정의 각도는, 스퍼터링 타겟의 경사 각도가 5도 이상 30도 이하의 각도인 것이 바람직하다. 또 스퍼터링 성막 중의 가스압은, 0.03Pa 이상 0.1Pa 이하인 것이 바람직하다. 이와 같은 방법에 의해 투명 도전층(23a) 또는 상층(23b)을 성막함으로써, 정전 척용의 도전막(23)으로서 요구되는 기계 강도를 갖는 이면 도전막(23)을 얻을 수 있다.
- [0126] 본 발명의 도전막 부착 기관(50)을 이용하여 반사형 마스크(40)를 제조할 수 있다. 본 발명의 도전막 부착 기관(50)의 도전막(23)은, 파장 532nm의 레이저 빔 등을 투과하는 것이 가능하다. 또, 본 발명의 도전막 부착 기관(50)에 배치되는 이면 도전막(23)은, 소정의 상층(23b)을 포함함으로써, 기계 강도가 높다. 그 때문에, 본 발명에 의하면, 이면 도전막(23)의 기계 강도가 높고, 또한 반사형 마스크(40)의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크(40)를 제조하기 위한 도전막 부착 기관(50)을 얻을 수 있다.
- [0127] [반사형 마스크 블랭크(30)]
- [0128] 다음으로, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 대해서 설명한다. 도 4는, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 상술의 다층 반사막 부착 기관(20)의 다층 반사막(21)의 위, 또는 보호막(22)의 위에, 흡수체막(24)을 형성한 구조를 갖는다. 반사형 마스크 블랭크(30)는, 흡수체막(24)의 위에 추가로 예칭 마스크막(25) 및/또는 레지스트막(32)을 가질 수 있다(도 8(a) 참조).
- [0129] <흡수체막(24)>
- [0130] 반사형 마스크 블랭크(30)는, 상술의 다층 반사막 부착 기관(20)의 위에, 흡수체막(24)을 갖는다. 즉, 흡수체막(24)은, 다층 반사막(21)의 위(보호막(22)이 형성되어 있는 경우에는, 보호막(22)의 위에) 형성된다. 흡수체막(24)의 기본적인 기능은, EUV 광을 흡수하는 것이다. 흡수체막(24)은, EUV 광의 흡수를 목적으로 한 흡수체막(24)이어도 되고, EUV 광의 위상차도 고려한 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)이어도 된다. 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)이란, EUV 광을 흡수하는 동시에 일부를 반사시켜 위상을 시프트시키는 것이다. 즉, 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)이 패터닝된 반사형 마스크(40)에 있어서, 흡수체막(24)이 형성되어 있는 부분에서는, EUV 광을 흡수하여 감광하면서 패턴 전사에 악영향이 없는 레벨에서 일부의 광을 반사시킨다. 또, 흡수체막(24)이 형성되어 있지 않은 영역(필드부)에서는, EUV 광은, 보호막(22)을 개재하여 다층 반사막(21)으로부터 반사한다. 그 때문에, 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)으로부터의 반사광과, 필드부로부터

의 반사광과의 사이에 원하는 위상차를 갖게 된다. 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)은, 흡수체막(24)으로부터의 반사광과, 다층 반사막(21)으로부터의 반사광의 위상차가 170도로부터 190도가 되도록 형성된다. 180도 근방의 반전된 위상차의 광끼리가 패턴 에지부에서 서로 간섭함으로써, 투영 광학상(像)의 상 콘트라스트가 향상한다. 그 상 콘트라스트의 향상에 수반하여 해상도가 올라가, 노광량 여유도(裕度), 초점 여유도 등의 노광에 관한 각종 여유도를 크게 할 수 있다.

- [0131] 흡수체막(24)은 단층의 막이어도 되고, 복수의 막(예를 들면, 하층 흡수체막 및 상층 흡수체막)으로 이루어지는 다층막이어도 된다. 단층막의 경우에는, 마스크 블랭크 제조 시의 공정수를 삭감할 수 있어 생산 효율이 오르는 특징이 있다. 다층막의 경우에는, 상층 흡수체막이, 광을 이용한 마스크 패턴 결함 검사 시의 반사 방지막이 되도록, 그 광학 상수와 막 두께를 적당히 설정할 수 있다. 이것에 의해, 광을 이용한 마스크 패턴 결함 검사 시의 검사 감도(感度)가 향상한다. 또, 상층 흡수체막에 산화 내성이 향상되는 산소(O) 및 질소(N) 등이 첨가된 막을 이용하면, 경시 안정성이 향상된다. 이와 같이, 흡수체막(24)을 다층막으로 함으로써 다양한 기능을 부가시키는 것이 가능해진다. 흡수체막(24)이 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)인 경우에는, 다층막으로 함으로써 광학면에서의 조정의 범위를 크게 할 수 있으므로, 원하는 반사율을 얻는 것이 용이해진다.
- [0132] 흡수체막(24)의 재료로는, EUV 광을 흡수하는 기능을 갖고, 에칭 등에 의해 가공이 가능(바람직하게는 염소(Cl)나 불소(F)계 가스의 드라이 에칭으로 에칭 가능)한 한 특별히 한정되지 않는다. 그와 같은 기능을 갖는 것으로서, 탄탈(Ta) 단체 또는 Ta를 포함하는 재료를 바람직하게 이용할 수 있다.
- [0133] Ta를 포함하는 재료로는, 예를 들면, Ta와 B를 포함하는 재료, Ta와 N을 포함하는 재료, Ta와 B와, O 및 N 중 적어도 하나를 포함하는 재료, Ta와 Si를 포함하는 재료, Ta와 Si와 N을 포함하는 재료, Ta와 Ge를 포함하는 재료, Ta와 Ge와 N을 포함하는 재료, Ta와 Pd를 포함하는 재료, Ta와 Ru를 포함하는 재료, 및 Ta와 Ti를 포함하는 재료 등을 들 수 있다.
- [0134] 흡수체막(24)은, 예를 들면, Ni 단체, Ni를 포함하는 재료, Cr 단체, Cr을 포함하는 재료, Ru 단체, Ru를 포함하는 재료, Pd 단체, Pd를 포함하는 재료, Mo 단체, 및 Mo를 함유하는 재료로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 하나를 포함하는 재료에 의해 형성할 수 있다.
- [0135] EUV 광의 흡수를 적절히 행하기 위해, 흡수체막(24)의 두께는, 바람직하게는, 30nm~100nm이다.
- [0136] 흡수체막(24)은, 공지의 방법, 예를 들면, 마그네트론 스퍼터링법이나, 이온 빔 스퍼터링법 등에 의해 형성할 수 있다.
- [0137] <에칭 마스크막(25)>
- [0138] 흡수체막(24)의 위에는 에칭 마스크막(25)을 형성해도 된다. 에칭 마스크막(25)의 재료로는, 에칭 마스크막(25)에 대한 흡수체막(24)의 에칭 선택비가 높은 재료를 이용한다. 여기에서, 「A에 대한 B의 에칭 선택비」란, 에칭을 행하고 싶지 않은 층(마스크가 되는 층)인 A와 에칭을 행하고 싶은 층인 B의 에칭 레이트의 비를 말한다. 구체적으로는 「A에 대한 B의 에칭 선택비=B의 에칭 속도/A의 에칭 속도」인 식에 의해 특정된다. 또, 「선택비가 높다」란, 비교 대상에 대하여, 상기 정의의 선택비의 값이 큰 것을 말한다. 에칭 마스크막(25)에 대한 흡수체막(24)의 에칭 선택비는, 1.5 이상이 바람직하고, 3 이상이 더욱 바람직하다.
- [0139] 에칭 마스크막(25)에 대한 흡수체막(24)의 에칭 선택비가 높은 재료로는, 크롬 및 크롬 화합물의 재료를 들 수 있다. 따라서, 흡수체막(24)을 불소계 가스로 에칭하는 경우에는, 크롬 및 크롬 화합물의 재료를 사용할 수 있다. 크롬 화합물로는, Cr과, N, O, C 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료를 들 수 있다. 또, 흡수체막(24)을, 실질적으로 산소를 포함하지 않는 염소계 가스로 에칭하는 경우에는, 규소 및 규소 화합물의 재료를 사용할 수 있다. 규소 화합물로는, Si와, N, O, C 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료, 그리고 규소 및 규소 화합물에 금속을 포함하는 금속 규소(금속 실리사이드), 및 금속 규소 화합물(금속 실리사이드 화합물) 등의 재료를 들 수 있다. 금속 규소 화합물로는, 금속과, Si와, N, O, C 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료를 들 수 있다.
- [0140] 에칭 마스크막(25)의 막 두께는, 전사 패턴을 정밀도 좋게 흡수체막(24)에 형성하는 에칭 마스크로서의 기능을 얻는 관점에서, 3nm 이상인 것이 바람직하다. 또, 에칭 마스크막(25)의 막 두께는, 레지스트막(32)의 막 두께를 얇게 하는 관점에서, 15nm 이하인 것이 바람직하다.
- [0141] [반사형 마스크(40)]
- [0142] 다음으로, 본 발명의 실시시 형태에 관한 반사형 마스크(40)에 대해서 이하에 설명한다. 도 5는, 본 실시 형태

의 반사형 마스크(40)를 나타내는 모식도이다.

- [0143] 본 발명의 반사형 마스크(40)는, 상기의 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서의 흡수체막(24)을 패터닝하여, 다층 반사막(21)의 위, 또는 보호막(22)의 위에 흡수체 패턴(24a)을 형성한 구조이다. 본 실시 형태의 반사형 마스크(40)는, EUV 광 등의 노광광으로 노광하면, 반사형 마스크(40)의 표면에서 흡수체막(24)이 있는 부분에서는 노광광이 흡수되고, 그 이외의 흡수체막(24)을 제거한 부분에서는 노출한 보호막(22) 및 다층 반사막(21)에서 노광광이 반사됨으로써, 리소그래피용의 반사형 마스크(40)로서 사용할 수 있다.
- [0144] 본 발명의 반사형 마스크(40)에 의하면, 다층 반사막(21) 상(또는 보호막(22) 상)에 흡수체 패턴(24a)을 가짐으로써, EUV 광을 이용하여 소정의 패턴을 피전사체에 전사할 수 있다.
- [0145] 본 발명의 반사형 마스크(40)는, 소정의 파장의 투과율이 소정의 값 이상이기 때문에, 특허문헌 3(일본국 특허 제5883249호 공보)에 기재한 방법에 의해, 레이저 빔 등에 의해 본 발명의 반사형 마스크(40)의 위치 어긋남을 보정할 수 있다. 그 때문에, 본 발명의 반사형 마스크(40)는, 고정밀도의 전사 패턴을 가질 수 있다고 할 수 있다.
- [0146] [반도체 장치의 제조 방법]
- [0147] 이상 설명한 반사형 마스크(40)와, 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스에 의해, 반도체 기판 등의 피전사체 상에 형성된 레지스트막(32)에, 반사형 마스크(40)의 흡수체 패턴(24a)에 의거하는 회로 패턴 등의 전사 패턴을 전사하고, 그 외 여러 가지의 공정을 거침으로써, 반도체 기판 등의 피전사체 상에 여러 가지의 전사 패턴 등이 형성된 반도체 장치를 제조할 수 있다.
- [0148] 즉, 본 발명은, 상술의 반사형 마스크(40)를 이용하여, 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스를 행하여, 피전사체 상에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 반도체 장치의 제조 방법이다.
- [0149] 본 발명의 반도체 장치의 제조 방법에 의하면, 특허문헌 3(일본국 특허 제5883249호 공보)에 기재한 방법에 의해, 반사형 마스크(40) 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크(40)를, 반도체 장치의 제조를 위해 이용할 수 있다. 그 때문에, 본 발명의 반사형 마스크(40)를, 반도체 장치의 제조를 위해 이용하는 경우에는, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다고 할 수 있다.
- [0150] **실시예**
- [0151] 이하, 실시예에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다.
- [0152] 우선, 실시예 및 비교예의 도전막 부착 기판(50)에 대하여 설명한다.
- [0153] 실시예 및 비교예의 도전막 부착 기판(50)을 제조하기 위한 기판(10)은, 다음과 같이 준비했다. 즉, 제 1 주표면 및 제 2 주표면의 양 주표면이 연마된 6025사이즈(약 152mm×152mm×6.35mm)의 저열팽창 유리 기판인 SiO₂-TiO₂계 유리 기판을 준비하여 기판(10)으로 했다. 평탄하고 평활한 주표면이 되도록, 조(粗)연마 가공 공정, 정밀 연마 가공 공정, 국소 가공 공정, 및 터치 연마 가공 공정으로 이루어지는 연마를 행하였다.
- [0154] SiO₂-TiO₂계 유리 기판(10)의 제 2 주표면(이면)에, TiN 막으로 이루어지는 투명 도전층(23a)을 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해 하기의 조건으로 형성했다. 표 1에, 시료 번호에 대응하는 막 두께를 나타낸다.
- [0155] 타겟: Ti 타겟
- [0156] 성막 가스: Ar과 N₂의 혼합 가스 분위기(유량 비율, Ar:N₂=2:3)
- [0157] 성막 가스 압력: 0.043Pa
- [0158] 막 두께: 8nm, 12nm, 또는 16nm의 3종류(표 1 참조)
- [0159] 성막한 막의 조성: Ti:N=54:46
- [0160] 투명 도전층(23a)의 표면에, TaB 막으로 이루어지는 상층(23b)을 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해 하기의 조건으로 형성했다. 표 1에, 시료 번호에 대응하는 막 두께를 나타낸다.

- [0161] 타겟: TaB 타겟(Ta:B=80:20)
- [0162] 성막 가스: Xe 가스 분위기(유량 2.5sccm)
- [0163] 성막 가스 압력: 0.019Pa
- [0164] 성막 시의 전력: 1500W
- [0165] 막 두께: 0nm, 1nm, 2nm, 3.5nm, 4.5nm, 또는 5.5nm의 6종류(표 1 참조)
- [0166] 이상과 같이 하여 얻어진 실시예 및 비교예의 시트 저항(Ω/\square), 파장 532nm의 광의 투과율(%), 파장 632nm의 광의 투과율(%), 기계 강도(크랙 발생 하중, 단위 mN), 표면 거칠기(Rms, 단위: nm), 막 응력에 의한 기관의 변형률(CTIR, nm)을, 표 2에 나타낸다. 또한, CTIR의 측정에 의해, 모든 시료는 볼록 형상(기관에 대하여 도전막(23)이 호(弧)의 외측이 되는 형상)인 것을 확인했다. 또, 표면 거칠기가 0.6nm 미만인 시료에 대해서는, 표 2 중에 「<0.6」이라고 기재했다.
- [0167] 기계 강도의 평가를 위해, 실시예 및 비교예의 도전막 부착 기관(50)의 크랙 발생 하중을 측정했다. 도 9에, 크랙 발생 하중의 측정에 대하여 설명하기 위한 모식도를 나타낸다. 크랙 발생 하중은, 다음과 같이 하여 측정할 수 있다. 즉, 크랙 발생 하중 측정 장치(100)의 스테이지(104)에, 도전막 부착 기관(50)을 재치(載置)한다. 다음으로, 압자(壓子)(102)를, 도전막 부착 기관(50)의 도전막(23)에 접촉하도록 배치한다. 압자(102)는, 소정의 하중을 인가(印加)하여, 압자(102)의 선단을 도전막(23)에 짚 누르는 것이 가능한 구조이다. 압자(102)의 선단은, 소정의 곡률 반경을 갖는 형상이다. 다음으로, 압자(102)에 인가하는 하중을 소정의 속도로 증가시키면서, 스테이지(104)를 소정의 속도로 이동시킨다. 도전막 부착 기관(50)의 도전막(23)에 크랙이 발생했을 때의 압자(102)의 하중을 크랙 발생 하중으로 했다.
- [0168] 크랙 발생 하중의 측정 조건은, 하기와 같다.
- [0169] 초기 하중: 20mN
- [0170] 압자(102)의 하중의 증가 속도: 400mN/분
- [0171] 스테이지(104)의 이동 속도: 1mm/분
- [0172] 압자(102) 타입: Rockwell
- [0173] 압자(102)의 선단의 곡률 반경: 20 μ m
- [0174] 표 2에 나타내는 바와 같이, 본 발명의 실시예의 시료는, 모두 500mN을 넘는 크랙 발생 하중이며, 시료 2~6, 9~12, 15~18은, 1000mN을 넘는 크랙 발생 하중이었다. 이것에 비해, 비교예의 시료는, 모두 500mN 이하이며, 최고라도 468mN(시료 7)이었다. 따라서, 본 발명에 의해, 이면 도전막(23)의 기계 강도가 높은 도전막 부착 기관(50)을 얻을 수 있는 것이 명확해졌다. 또, 시료 5, 6, 8~12, 14~18은, 기계 강도의 요구를 만족시키고, 또한 시트 저항이 150 Ω/\square 이하였다. 또, 시료 11~18은, 기계 강도의 요구를 만족시키고, 또한 CTIR이 350nm \pm 300nm를 만족시키는 것이었다. 시료 2~6, 8~10은, 기계 강도의 요구를 만족시키고, 또한 CTIR이 350nm \pm 150nm를 만족시키는 것이었다.
- [0175] 다음으로, 실시예 및 비교예의 다층 반사막 부착 기관(20), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 반사형 마스크(40)에 대해서 설명한다.
- [0176] 상술한 바와 같이 하여 제조된 도전막 부착 기관(50)의 이면 도전막(23)이 형성된 측과 반대측의 기관(10)의 주표면(제 1 주표면)의 위에, 다층 반사막(21) 및 보호막(22)을 형성함으로써 다층 반사막 부착 기관(20)을 제조했다. 다층 반사막 부착 기관(20)의 보호막(22)의 위에 흡수체막(24)을 형성함으로써, 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다. 구체적으로는, 하기와 같이 하여, 다층 반사막 부착 기관(20) 및 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다.
- [0177] 이면 도전막(23)이 형성된 측과 반대측의 기관(10)의 주표면(제 1 주표면)의 위에, 다층 반사막(21)을 형성했다. 기관(10)의 위에 형성되는 다층 반사막(21)은, 파장 13.5nm의 EUV 광에 적합한 다층 반사막(21)으로 하기 위해, Mo와 Si로 이루어지는 주기 다층 반사막(21)으로 했다. 다층 반사막(21)은, Mo 타겟과 Si 타겟을 사용하고, Ar 가스 분위기 중에서 이온 빔 스퍼터링법에 의해 기관(10)의 위에 Mo 층 및 Si 층을 번갈아 적층하여 형성했다. 우선, Si 막을 4.2nm의 두께로 성막하고, 이어서, Mo 막을 2.8nm의 두께로 성막했다. 이것을 1 주기로 하고, 마찬가지로 하여 40 주기 적층하고, 마지막으로 Si 막을 4.0nm의 두께로 성막하여, 다층 반사막

(21)을 형성했다. 여기에서는 40 주기로 했지만, 이것으로 한정하는 것은 아니고, 예를 들면 60 주기라든다. 60 주기로 한 경우, 40 주기보다도 공정수는 늘어나지만, EUV 광에 대한 반사율을 높일 수 있다.

[0178] 계속해서, Ar 가스 분위기 중에서, Ru 타겟을 사용한 이온 빔 스퍼터링법에 의해 Ru 막으로 이루어지는 보호막(22)을 2.5nm의 두께로 성막했다.

[0179] 이상과 같이 하여, 본 발명의 실시예 및 비교예의 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다.

[0180] 다음으로, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, 다층 반사막 부착 기관(20)의 보호막(22)의 위에, 흡수체막(24)을 형성했다. 흡수체막(24)은, 흡수층인 TaBN 막 및 저반사층인 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막의 흡수체막(24)으로 했다. 상술한 다층 반사막 부착 기관(20)의 보호막(22) 표면에, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, 흡수층으로서 TaBN 막을 성막했다. 이 TaBN 막은, TaB 혼합 소결 타겟(Ta:B=80:20, 원자비)에 다층 반사막 부착 기관(20)을 대향시켜, Ar 가스 및 N₂ 가스의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 행하였다. 다음으로, TaBN 막의 위에 추가로, Ta, B 및 O를 포함하는 TaBO 막(저반사층)을, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 형성했다. 이 TaBO 막은, TaBN 막과 마찬가지로, TaB 혼합 소결 타겟(Ta:B=80:20, 원자비)에 다층 반사막 부착 기관(20)을 대향시켜, Ar 및 O₂의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 행하였다.

[0181] TaBN 막의 조성은, Ta:B:N=74.7:12.1:13.2이고, 막 두께는 56nm였다. 또, TaBO 막의 조성은 Ta:B:O=40.7:6.3:53.0이고, 막 두께는 14nm였다.

[0182] 이상과 같이 하여, 실시예 및 비교예의 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다.

[0183] 다음으로, 상술의 반사형 마스크 블랭크(30)를 이용하여, 반사형 마스크(40)를 제조했다. 도 8은, 반사형 마스크 블랭크(30)로부터 반사형 마스크(40)를 제작하는 공정을 나타내는 요부 단면 모식도이다.

[0184] 상술의 실시예 및 비교예의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24)의 위에, 레지스트막(32)을 150nm의 두께로 형성한 것을 반사형 마스크 블랭크(30)로 했다(도 8(a)). 이 레지스트막(32)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(32a)을 형성했다(도 8(b)). 다음으로, 레지스트 패턴(32a)을 마스크로 하여, 흡수체막(24)의 드라이 에칭을 행함으로써, 흡수체 패턴(24a)을 형성했다(도 8(c)). 또한, 흡수체막(24)이 TaBN 막인 경우에는, Cl₂ 및 He의 혼합 가스에 의해 드라이 에칭할 수 있다. 또, 흡수체막(24)이 TaBN 막 및 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막인 경우에는, 염소(Cl₂) 및 산소(O₂)의 혼합 가스(염소(Cl₂) 및 산소(O₂)의 혼합비(유량비)는 8:2)에 의해 드라이 에칭할 수 있다.

[0185] 그 후, 레지스트 패턴(32a)을 애싱, 또는 레지스트 박리액 등으로 제거했다. 마지막으로 순수(純水)(DIW)를 이용한 웨트 세정을 행하여, 반사형 마스크(40)를 제조했다(도 8(d)). 또한, 필요에 따라 웨트 세정 후 마스크 결함 검사를 행하여, 마스크 결함 수정을 적절히 행할 수 있다.

[0186] 상술의 실시예 및 비교예의 도전막 부착 기관(50)의 평가에서 서술한 바와 같이, 본 발명의 실시예의 도전막(23)은, 파장 532nm의 광의 투과율이 10% 이상이므로, 특허문헌 3(일본국 특허 제5883249호 공보)에 기재한 바와 같이, 레이저 빔 등에 의해 반사형 마스크(40)의 위치 어긋남을 보정할 수 있다. 그 때문에, 본 발명의 반사형 마스크(40)를, 반도체 장치의 제조를 위해 이용하는 경우에는, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다고 할 수 있다.

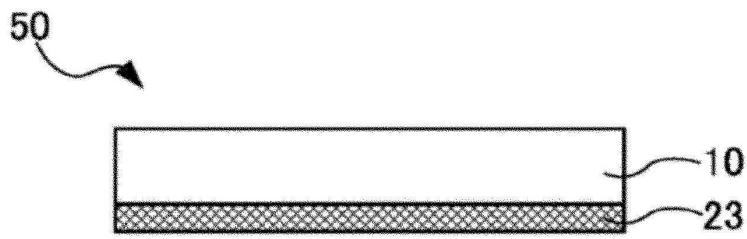
[0187] 상술의 실시예 및 비교예의 도전막 부착 기관(50)의 평가에서 서술한 바와 같이, 본 발명의 실시예의 도전막(23)은, 기계 강도가 뛰어나다. 따라서, 본 발명의 반사형 마스크(40)의 도전막(23)도, 기계 강도가 뛰어나다. 또, 이면 도전막(23)의 기계 강도가 높고, 또한 반사형 마스크(40)의 위치 어긋남을 레이저 빔 등에 의해 이면 측으로부터 보정할 수 있는 반사형 마스크(40)를, 반도체 장치의 제조를 위해 이용할 수 있으므로, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0188] 본 실시예에서 제작한 반사형 마스크(40)를 EUV 노광 장치에 세트하고, 반도체 기관 상에 피가공막과 레지스트막(32)이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막(32)을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기관 상에 레지스트 패턴(32a)을 형성했다.

[0189] 이 레지스트 패턴(32a)을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또, 절연막, 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 또는 어닐 등 여러 가지의 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.

도면

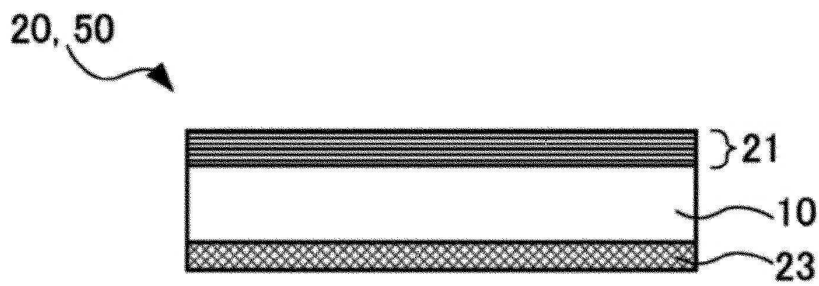
도면1



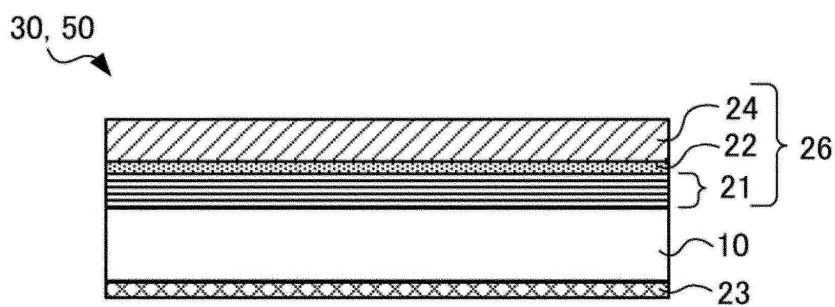
도면2



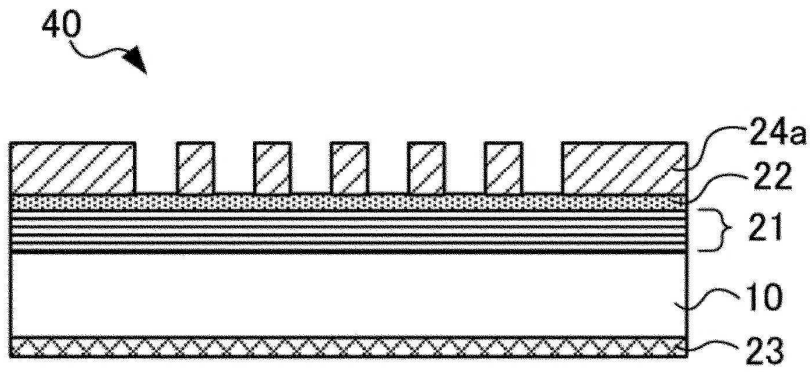
도면3



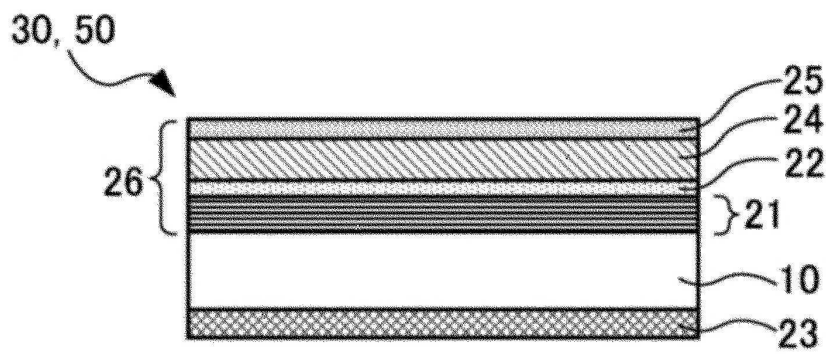
도면4



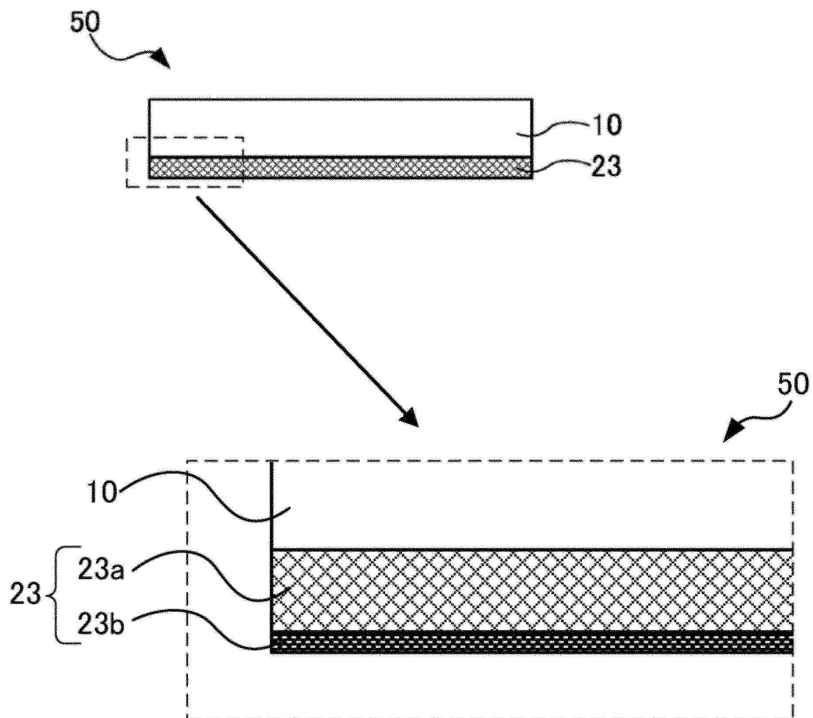
도면5



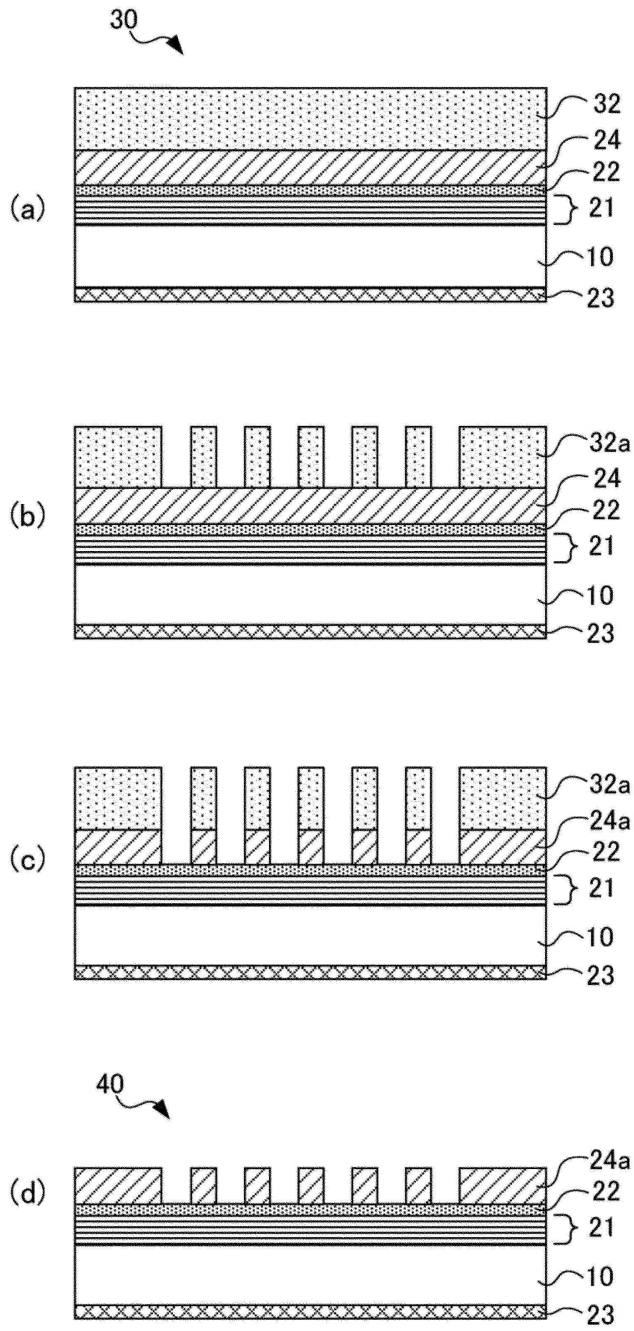
도면6



도면7



도면8



도면9

