



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

(45) 공고일자 2019년08월21일  
 (11) 등록번호 10-2012783  
 (24) 등록일자 2019년08월14일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*G03F 1/24* (2012.01) *G03F 1/26* (2012.01)  
*G03F 1/48* (2012.01) *G03F 1/52* (2012.01)  
*G03F 1/54* (2012.01) *G03F 1/74* (2012.01)  
*G03F 1/80* (2012.01) *H01L 21/02* (2006.01)  
*H01L 21/033* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*G03F 1/24* (2013.01)  
*G03F 1/26* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2017-7030334(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2014년08월29일  
 심사청구일자 2019년07월22일
- (85) 번역문제출일자 2017년10월20일
- (65) 공개번호 10-2017-0121315
- (43) 공개일자 2017년11월01일
- (62) 원출원 특허 10-2015-7031307  
 원출원일자(국제) 2014년08월29일  
 심사청구일자 2017년02월03일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2014/072688
- (87) 국제공개번호 WO 2015/030159  
 국제공개일자 2015년03월05일
- (30) 우선권주장  
 JP-P-2013-179123 2013년08월30일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌  
 WO2013084978 A1  
 WO2012105508 A1  
 JP2008094649 A  
 JP2006093454 A

- (73) 특허권자  
 호야 가부시카가이샤  
 일본 도쿄도 신주꾸쿠 니시신주꾸 6초메 10-1
- (72) 발명자  
 하마모토 가즈히로  
 일본국 1618525 도쿄도 신주꾸쿠 나카오치아이 2  
 초메 7-5호야 가부시카가이샤 내  
 아사카와 다츠오  
 일본국 1618525 도쿄도 신주꾸쿠 나카오치아이 2  
 초메 7-5호야 가부시카가이샤 내  
 쇼키 츠토무  
 일본국 1618525 도쿄도 신주꾸쿠 나카오치아이 2  
 초메 7-5호야 가부시카가이샤 내
- (74) 대리인  
 특허법인(유한) 다래

전체 청구항 수 : 총 20 항

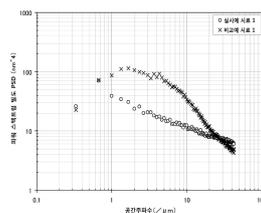
심사관 : 안선형

(54) 발명의 명칭 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크 블랭크의 제조방법, 반사형 마스크 및 반도체 장치의 제조방법

**(57) 요약**

본 발명은 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능한 반사형 마스크 블랭크를 제공한다. 마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막 및 (뒷면에 계속)

**대표도**



흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크로서, 상기 마스크 블랭크용 다층막이 형성되어 있는 상기 반사형 마스크 블랭크 표면에 있어서의  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이고, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.

(52) CPC특허분류

*G03F 1/48* (2013.01)

*G03F 1/52* (2013.01)

*G03F 1/54* (2013.01)

*G03F 1/74* (2013.01)

*G03F 1/80* (2013.01)

*H01L 21/02266* (2013.01)

*H01L 21/0337* (2013.01)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막 및 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크로서,

상기 마스크 블랭크용 다층막이 형성되어 있는 상기 반사형 마스크 블랭크 표면에 있어서의  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가  $0.5\text{nm}$  이하이고, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도의 적분값이  $800 \times 10^{-3} \text{nm}^3$  이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 파워 스펙트럼 밀도의 적분값은,  $650 \times 10^{-3} \text{nm}^3$  이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 마스크 블랭크용 다층막이, 상기 다층 반사막의 표면 중, 마스크 블랭크용 기관과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 보호막을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 마스크 블랭크용 다층막이, 상기 흡수체막의 표면 중, 마스크 블랭크용 기관과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 흡수체막은, 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10원자% 이상 50원자% 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 흡수체막의 막 두께는  $60\text{nm}$  이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 흡수체막은, 상기 흡수체막 표면으로부터의 반사광과, 상기 흡수체막이 형성되어 있지 않은 상기 다층 반사막, 또는 상기 다층 반사막의 표면에 보호막을 포함하는 경우에는 상기 보호막 표면으로부터의 반사광과의 위상차가 소정의 위상차를 갖는 위상 시프트 기능을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 8

마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막 및 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법으로서,

상기 마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에 상기 다층 반사막을 형성하는 공정과,

상기 다층 반사막 위에 상기 흡수체막을 형성하는 공정을 포함하고,

상기 반사형 마스크 블랭크의 표면이,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가  $0.5\text{nm}$  이하이고, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도의 적분값이  $800 \times 10^{-3} \text{nm}^3$  이하가 되도록 상기 흡수체막을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 9**

제 8 항에 있어서,

상기 파워 스펙트럼 밀도의 적분값은,  $650 \times 10^{-3} \text{nm}^3$  이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 10**

제 8 항에 있어서,

상기 다층 반사막을 형성하는 공정에 있어서, 상기 다층 반사막은, 고굴절률 재료의 스퍼터링 타겟 및 저굴절률 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 교대로 조사하여, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 11**

제 8 항에 있어서,

상기 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 상기 흡수체막은, 흡수체막 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하는 반응성 스퍼터링법에 의해 형성되고, 반응성 스퍼터링 시의 분위기 가스에 포함되는 성분이 함유되도록 상기 흡수체막이 형성되며, 상기 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가  $0.5\text{nm}$  이하이고, 또한 상기 파워 스펙트럼 밀도의 적분값이  $800 \times 10^{-3} \text{nm}^3$  이하가 되도록 분위기 가스의 유량을 제어하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 12**

제 11 항에 있어서,

상기 분위기 가스는 불활성 기체와 질소 가스를 함유하는 혼합 가스인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 13**

제 8 항에 있어서,

상기 흡수체막은 탄탈을 포함하는 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 14**

제 8 항에 있어서,

상기 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 상기 흡수체막은, 흡수체막 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하는 스퍼터링법에 의해 형성되고, 상기 흡수체막 표면이, 상기 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가  $0.5\text{nm}$  이하이며, 또한 상기 파워 스펙트럼 밀도의 적분값이  $800 \times 10^{-3} \text{nm}^3$  이하가 되도록 상기 흡수체막의 재료와 막 두께를 선정하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,

상기 흡수체막의 재료를 질소를 포함하는 재료로 하고, 상기 흡수체막의 막 두께를  $60\text{nm}$  이하로 하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 16**

제 8 항에 있어서,

상기 다층 반사막의 표면에 접하여 배치되는 보호막을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 17**

제 16 항에 있어서,

상기 보호막은, 보호막 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 조사하는 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 18**

제 8 항에 있어서,

상기 흡수체막의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법.

**청구항 19**

반사형 마스크로서,

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 기재한 반사형 마스크 블랭크, 또는 제 8 항 내지 제 18 항 중 어느 한 항에 기재한 제조방법에 의해 얻어진 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을 패터닝한 흡수체 패턴을, 상기 다층 반사막 위에 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크.

**청구항 20**

반도체 장치의 제조방법으로서,

제 19 항에 기재한 반사형 마스크를 이용하여, 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스를 실시하고, 피전사체에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능한 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크 블랭크의 제조방법, 반사형 마스크 및 반도체 장치의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 근년, 반도체 산업에 있어서, 반도체 디바이스의 고집적화에 수반하여 종래의 자외광을 이용한 포토리소그래피법의 전사 한계를 상회하는 미세 패턴이 필요하게 되고 있다. 이와 같은 미세 패턴 형성을 가능하게 하기 위해, 극자외(Extreme Ultra Violet: 이하, 「EUV」라고 부른다.)광을 이용한 노광 기술인 EUV 리소그래피가 유망시 되고 있다. 여기에서 EUV광이란, 연X선 영역 또는 진공 자외선 영역의 파장대의 광을 가리키고, 구체적으로는 파장이 0.2~100nm 정도의 광인 것이다. 이 EUV 리소그래피에 있어서 이용되는 전사용 마스크로서 반사형 마스크가 제안되어 있다. 이와 같은 반사형 마스크는 기관상에 노광광을 반사하는 다층 반사막이 형성되고, 해당 다층 반사막상에 노광광을 흡수하는 흡수체막이 패턴형상으로 형성된 것이다.

[0003] 당해 반사형 마스크는, 기관과, 당해 기관상에 형성된 다층 반사막과, 당해 다층 반사막상에 형성된 흡수체막을 갖는 반사형 마스크 블랭크로부터, 포토리소그래피법 등에 의해 흡수체 패턴을 형성함으로써 제조된다.

[0004] 이상과 같이, 리소그래피 공정에서의 미세화에 대한 요구가 높아짐에 따라, 그 리소그래피 공정에서의 과제가 현저해지고 있다. 그 하나가, 리소그래피 공정에서 이용되는 마스크 블랭크용 기관이나 다층 반사막 부착

기관, 반사형 마스크 블랭크 등의 결함 정보에 관한 문제이다.

- [0005] 마스크 블랭크용 기관은, 근년의 패턴의 미세화에 수반하는 결함 품질의 향상이나, 전사용 마스크에 요구되는 광학적 특성의 관점에서 보다 평활성이 높은 기관이 요구되고 있다.
- [0006] 또, 다층 반사막 부착 기관도, 근년의 패턴의 미세화에 수반하는 결함 품질의 향상이나, 전사용 마스크에 요구되는 광학적 특성의 관점에서, 보다 높은 평활성을 갖는 것이 요구되고 있다. 다층 반사막은 마스크 블랭크용 기관의 표면에 고굴절률층 및 저굴절률층을 교대로 적층함으로써 형성된다. 이들 각 층은, 일반적으로 그들 층의 형성 재료로 이루어지는 스퍼터링 타겟을 사용한 스퍼터링에 의해 형성되어 있다.
- [0007] 스퍼터링의 수법으로는, 방전으로 플라즈마를 만들 필요가 없고, 다층 반사막 중에 불순물이 섞이기 어려운 점이나, 이온원이 독립하고 있어 조건 설정이 비교적 용이한 등의 점에서 이온 빔 스퍼터링이 바람직하게 실시되고 있다. 또, 형성되는 각 층의 평활성이나 면 균일성의 관점에서, 마스크 블랭크용 기관 주표면의 법선(상기 주표면에 직교하는 직선)에 대해 큰 각도로, 즉 기관 주표면에 대해 비스듬하게 혹은 평행에 가까운 각도로 스퍼터 입자를 도달시켜 고굴절률층 및 저굴절률층을 성막하고 있다.
- [0008] 이와 같은 방법으로 다층 반사막 부착 기관을 제조하는 기술로서, 특허문헌 1에는 기관상에 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크의 다층 반사막을 성막할 때에, 기관을 그 중심축을 중심으로 회전시키면서, 기관의 법선과 기관에 입사하는 스퍼터 입자가 이루는 각도( $\alpha$ )의 절대값을  $35^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ$ 로 유지하여 이온 빔 스퍼터링을 실시하는 것이 기재되어 있다.
- [0009] 또, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크로서, 특허문헌 2에는 EUV광을 흡수하는 흡수체층이 Ta, B, Si, N을 함유하고, B의 함유율이 1at% 이상 5at% 미만, Si의 함유율이 1~25at% 이며, Ta와 N의 조성비(Ta:N)가 8:1~1:1인 것이 기재되어 있다.

**선행기술문헌**

**특허문헌**

- [0010] (특허문헌 0001) 일본국 특표 2009-510711호 공보  
(특허문헌 0002) 일본국 특개 2007-311758호 공보

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0011] EUV(Extreme Ultra-Violet)를 사용한 리소그래피에 있어서의 급속한 패턴의 미세화에 수반하여 반사형 마스크인 EUV 마스크의 결함 사이즈(Defect Size)도 해마다 미세해지고, 이러한 미세 결함을 발견하기 위해 결함검사장치에서 사용하는 검사 광원 파장은 노광광의 광원 파장에 가까워지고 있다.
- [0012] 예를 들면, EUV 마스크나, 그 원판인 EUV 마스크 블랭크, 다층 반사막 부착 기관, 및 서브스트레이트의 결함검사장치로는, 검사 광원 파장이 266nm(예를 들면, 레이저 테크사 제조의 EUV 노광용의 마스크·서브스트레이트/블랭크 결함검사장치 「MAGICS M7360」, 193nm(KLA-Tencor사 제조의 EUV·마스크/블랭크 결함검사장치 「Teron600 시리즈」, 예를 들면 「Teron610」), 13.5nm인 고감도 결함검사장치가 보급, 또는 제안되어 있다.
- [0013] 또, 종래의 EUV 마스크에 이용되는 다층 반사막 부착 기관의 다층 반사막은, 예를 들면 특허문헌 1에 기재된 방법으로 성막함으로써 기관상에 존재하는 오목 결함을 저감하는 시도가 이루어지고 있다. 그러나, 아무리 기관의 오목 결함 기인의 결함을 저감할 수 있다 해도, 상술한 고감도 결함검사장치의 검출 감도가 높기 때문에, 다층 반사막의 결함검사를 실시하면 결함 검출 개수(결함 검출 개수=치명 결함 개수+유사 결함 개수)가 많이 검출된다는 문제가 발생하고 있다.
- [0014] 또, 종래의 EUV 마스크에 이용되는 반사형 마스크 블랭크의 흡수체층(흡수체막)은, 예를 들면 특허문헌 2에 기재되어 있는 조성비로 함으로써, 흡수체층의 성막상의 문제나, EUV광이나 검사광의 반사율 문제의 해결을 도모하고 있다. 그리고, 흡수체층 표면의 표면 거칠기도, 패턴의 치수 정밀도 악화 방지의 관점에서 평활화가 좋다고 여겨지고 있다. 그러나, 아무리 흡수체층의 성막상의 문제를 해결할 수 있다 해도, 상술한 검출 감도가 높은 고감도 결함검사장치를 이용하여 흡수체층의 결함검사를 실시하면, 결함 검출 개수가 많이 검출된다는 문제

가 발생하고 있다.

[0015] 여기에서 말하는 유사 결함이란, 패턴 전사에 영향을 주지 않는 기관 표면상이나 다층 반사막상, 흡수체층상의 허용되는 요철로서, 고감도 결함검사장치로 검사한 경우에 결함으로 오판정되어 버리는 것을 말한다. 결함검사에 있어서, 이와 같은 유사 결함이 다수 검출되면, 패턴 전사에 영향이 있는 치명 결함이 다수의 유사 결함에 묻혀 버려 치명 결함을 발견할 수 없게 된다. 예를 들면, 현재 보급하고 있는 검사 광원 파장이 266nm, 193nm 인 결함검사장치에서는, 예를 들면 132mm×132mm 사이즈의 기관, 다층 반사막 부착 기관 및 반사형 마스크 블랭크에 있어서 결함 검출 개수가 50,000개를 넘어버려 치명 결함의 유무를 검사하는 데 지장을 초래한다. 결함검사에서의 치명 결함의 간과는 그 후의 반도체 장치의 양산 과정에서 불량을 일으켜 불필요한 노력과 경제적인 손실을 초래하게 된다.

[0016] 본 발명은 상기 문제점을 감안하여 이루어진 것으로, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능한 반사형 마스크 블랭크 및 그 제조방법, 그리고 반사형 마스크 및 그 반사형 마스크를 사용한 반도체 장치의 제조방법의 제공을 목적으로 한다.

[0017] 또, 본 발명은 여러 가지 파장의 광을 사용한 고감도 결함검사장치에 있어서도 유사 결함을 포함하는 결함 검출 개수가 적고, 특히 반사형 마스크 블랭크에 요구되는 평활성이 달성되며, 동시에 유사 결함을 포함하는 결함 검출 개수가 적기 때문에 치명 결함을 확실히 검출할 수 있는 반사형 마스크 블랭크 및 그 제조방법, 그리고 반사형 마스크 및 그 반사형 마스크를 사용한 반도체 장치의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

**과제의 해결 수단**

[0018] 상기 문제점을 해결하기 위해 본 발명자들이 예의 검토한 결과, 고감도 결함검사장치의 검사 광원 파장에 대하여, 소정의 공간 주파수(또는 공간 파장) 성분의 거칠기가 영향을 주는 것을 발견했다. 그래서, 기관 주표면에 형성된 막(예를 들면, 흡수체막)의 표면상의 거칠기(요철) 성분 중, 고감도 결함검사장치가 유사 결함으로 오판정해 버리는 거칠기 성분의 공간 주파수를 특정하고, 해당 공간 주파수에 있어서의 진폭 강도를 관리함으로써, 결함검사에서의 유사 결함 검출의 억제와 치명 결함의 현저화(顯著化)를 도모할 수 있다.

[0019] 또, 반사형 마스크 블랭크에 있어서는, 종래, 그 표면 거칠기를 저감하는 시도는 이뤄지고 있었지만, 고감도 결함검사장치에 의한 유사 결함의 검출과의 관련에 대해서는 전혀 알려져 있지 않았다.

[0020] 그래서, 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.

[0021] 본 발명은 하기의 구성 1~6인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크, 하기의 구성 7~16인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법, 하기의 구성 17인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크, 및 하기의 구성 18인 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법이다.

[0022] (구성 1)

[0023] 본 발명의 구성 1은, 마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막 및 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크로서, 상기 마스크 블랭크용 다층막이 형성되어 있는 상기 반사형 마스크 블랭크 표면에 있어서의 3 $\mu\text{m}$ ×3 $\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이고, 또한 공간 주파수 1~10 $\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가 50nm<sup>4</sup> 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.

[0024] 구성 1에 따르면, 반사형 마스크 블랭크의 표면에 있어서, 제곱평균평방근 거칠기(Rms)를 0.5nm 이하로 하고, 3 $\mu\text{m}$ ×3 $\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수 1~10 $\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를 50nm<sup>4</sup> 이하로 함으로써, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현저화(顯在化)를 도모할 수 있다.

[0025] (구성 2)

[0026] 본 발명의 구성 2는, 상기 마스크 블랭크용 다층막이, 상기 다층 반사막의 표면 중, 마스크 블랭크용 기관과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 보호막을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재한 반사형 마스크 블랭크이다.

- [0027] 구성 2에 따르면, 반사형 마스크 블랭크가 다층 반사막상에 보호막을 가짐으로써, 전사용 마스크(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막 표면의 데미지를 억제할 수 있으므로, EUV광에 대한 반사율 특성이 더욱 양호해진다. 또, 반사형 마스크 블랭크에 있어서, 고감도 결함검사장치를 사용한 보호막 표면의 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.
- [0028] (구성 3)
- [0029] 본 발명의 구성 3은, 상기 마스크 블랭크용 다층막이, 상기 흡수체막의 표면 중, 마스크 블랭크용 기관과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2에 기재한 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0030] 구성 3에 따르면, 흡수체막과는 드라이 에칭 특성이 다른 에칭 마스크막을 이용함으로써, 흡수체막에 전사 패턴을 형성할 때에 고정밀도의 전사 패턴을 형성할 수 있다.
- [0031] (구성 4)
- [0032] 본 발명의 구성 4는, 상기 흡수체막은, 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10원자% 이상 50원자% 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 3 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0033] 구성 4에 따르면, 상기 흡수체막이 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10원자% 이상 50원자% 이하인 것에 의해, 흡수체막의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도가 소정 값의 범위가 되고, 또한 흡수체막을 구성하는 결정입자의 확대를 억제할 수 있으므로 흡수체막을 패터닝 했을 때의 패턴 엣지 러프니스를 저감할 수 있다.
- [0034] (구성 5)
- [0035] 본 발명의 구성 5는, 상기 흡수체막의 막 두께는 60nm 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 4 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0036] 구성 5에 따르면, 상기 흡수체막의 막 두께가 60nm 이하인 것에 의해, 새도잉 효과를 작게 할 수 있는 동시에, 흡수체막의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms) 및  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출되는 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를 더욱 작게 할 수 있다. 그 결과, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제시킬 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다.
- [0037] (구성 6)
- [0038] 본 발명의 구성 6은, 상기 흡수체막은, 해당 흡수체막 표면으로부터의 반사광과, 상기 흡수체막이 형성되어 있지 않은 상기 다층 반사막 또는 상기 보호막 표면으로부터의 반사광과의 위상차가 소정의 위상차를 갖는 위상 시프트 기능을 갖는 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 5 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0039] 구성 6에 따르면, 흡수체막은, 해당 흡수체막 표면으로부터의 반사광과, 흡수체막이 형성되어 있지 않은 다층 반사막 또는 보호막 표면으로부터의 반사광과의 위상차가 소정의 위상차를 갖는 위상 시프트 기능을 가짐으로써, EUV광에 의한 전사 해상성이 향상된 반사형 마스크를 위한 원판인 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다. 또, 원하는 전사 해상성을 얻는 데 필요한 위상 시프트 효과를 발휘하기 위해 필요한 흡수체의 막 두께를 종래보다 박막화 할 수 있으므로, 새도잉 효과를 작게 한 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다.
- [0040] (구성 7)
- [0041] 본 발명의 구성 7은, 마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막 및 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법으로서, 상기 마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에 상기 다층 반사막을 형성하는 공정과, 상기 다층 반사막 위에, 상기 흡수체막을 형성하는 공정을 포함하고, 상기 반사형 마스크 블랭크의 표면이,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이고, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하가 되도록 상기 흡수체막을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.
- [0042] 구성 7에 따르면, 반사형 마스크 블랭크의 표면에 있어서, Rms를 0.5nm 이하로 하고,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출

될 수 있는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를  $50\text{nm}^4$  이하로 함으로써, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 제조할 수 있다.

[0043] (구성 8)

[0044] 본 발명의 구성 8은, 상기 다층 반사막을 형성하는 공정에 있어서, 상기 다층 반사막은, 고굴절률 재료의 스퍼터링 타겟 및 저굴절률 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 교대로 조사하여, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 구성 7에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.

[0045] 구성 8에 따르면, 다층 반사막을 형성하는 공정에 있어서, 소정의 이온 빔 스퍼터링법으로 다층 반사막을 형성함으로써, EUV광에 대한 반사율 특성이 양호한 다층 반사막을 확실히 얻을 수 있다.

[0046] (구성 9)

[0047] 본 발명의 구성 9는, 상기 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 상기 흡수체막은, 흡수체막 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하는 반응성 스퍼터링법에 의해 형성되고, 반응성 스퍼터링 시의 분위기 가스에 포함되는 성분이 함유되도록 상기 흡수체막이 형성되며, 상기 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가  $0.5\text{nm}$  이하이고, 또한 상기 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하가 되도록 분위기 가스의 유량을 제어하는 것을 특징으로 하는 구성 7 또는 8에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.

[0048] 구성 9에 따르면, 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 반응성 스퍼터링법에 의해 흡수체막을 형성함으로써, 소정의 조성을 갖는 흡수체막을 얻을 수 있다. 반응성 스퍼터링법에 의한 성막 시에 분위기 가스의 유량을 조절함으로써, 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도가 소정 값의 범위가 되도록 조절할 수 있다.

[0049] (구성 10)

[0050] 본 발명의 구성 10은, 상기 분위기 가스는, 불활성 기체와 질소 가스를 함유하는 혼합 가스인 것을 특징으로 하는 구성 9에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.

[0051] 구성 10에 따르면, 반응성 스퍼터링법에 의해 흡수체막을 형성할 때의 분위기 가스가 불활성 기체와 질소 가스를 함유하는 혼합 가스인 것에 의해, 질소의 유량을 조절할 수 있으므로 적절한 조성을 갖는 흡수체막을 얻을 수 있다. 그 결과, 마스크 블랭크용 다층막의 표면에 있어서 적절한 제곱평균평방근 거칠기(Rms) 및 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 흡수체막을 확실히 얻을 수 있다.

[0052] (구성 11)

[0053] 본 발명의 구성 11은, 상기 흡수체막은, 탄탈을 포함하는 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 구성 7 내지 10 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.

[0054] 구성 11에 따르면, 반응성 스퍼터링법에 의해 흡수체막을 형성할 때에 탄탈을 포함하는 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하여 형성함으로써, 탄탈을 포함하는 적절한 흡수율을 갖는 흡수체막을 형성할 수 있다. 또, 마스크 블랭크용 다층막의 표면에 있어서, 적절한 제곱평균평방근 거칠기(Rms) 및 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 흡수체막을 보다 확실히 얻을 수 있다.

[0055] (구성 12)

[0056] 본 발명의 구성 12는, 상기 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 상기 흡수체막은 흡수체막 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하는 스퍼터링법에 의해 형성되고, 상기 흡수체막 표면이, 상기 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가  $0.5\text{nm}$  이하이며, 또한 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$  파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하가 되도록 상기 흡수체막의 재료와 막 두께를 선정하는 것을 특징으로 하는 구성 7 또는 8에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.

[0057] 구성 12에 따르면, 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 흡수체막의 재료, 막 두께를 선정함으로써, 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도가 소정 값의 범위가 되도록 조

절할 수 있다.

- [0058] (구성 13)
- [0059] 본 발명의 구성 13은, 상기 흡수체막의 재료를 질소를 포함하는 재료로 하고, 상기 흡수체막의 막 두께를 60nm 이하로 하는 것을 특징으로 하는 구성 12에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.
- [0060] 구성 13에 따르면, 상기 흡수체막의 재료를 질소를 포함하는 재료로 하고, 상기 흡수체막의 막 두께를 60nm 이하로 함으로써, 새도잉 효과를 작게 할 수 있는 동시에, 흡수체막의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출되는 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를 더욱 작게 할 수 있고, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제시킬 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다.
- [0061] (구성 14)
- [0062] 본 발명의 구성 14는, 상기 다층 반사막의 표면에 접하여 배치되는 보호막을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 구성 7 내지 13 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.
- [0063] 구성 14에 따르면, 보호막을 형성하는 공정을 추가로 포함함으로써, 전사용 마스크(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막 표면에서의 데미지를 억제할 수 있으므로 EUV광에 대한 반사율 특성이 더욱 양호해진다. 또, 제조되는 반사형 마스크 블랭크에 있어서, 고감도 결함검사장치를 사용한 보호막 표면의 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.
- [0064] (구성 15)
- [0065] 본 발명의 구성 15는, 상기 보호막은, 보호막 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 조사하는, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것을 특징으로 하는 구성 14에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.
- [0066] 구성 15에 따르면, 흡수체막을 형성하는 공정에 있어서, 보호막 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하고, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 보호막을 형성함으로써, 보호막 표면의 평활화를 얻을 수 있기 때문에 보호막상에 형성되는 흡수체막이나, 추가로 흡수체막상에 형성되는 에칭 마스크막의 표면을 평활화시킬 수 있으므로 바람직하다.
- [0067] (구성 16)
- [0068] 본 발명의 구성 16은, 상기 흡수체막의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 구성 7 내지 15 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 제조방법이다.
- [0069] 구성 16에 따르면, 흡수체막과는 드라이 에칭 특성이 다른 에칭 마스크막을 형성함으로써, 흡수체막에 전사 패턴을 형성할 때에 고정밀도의 전사 패턴을 형성할 수 있다.
- [0070] (구성 17)
- [0071] 본 발명의 구성 17은, 구성 1 내지 6 중 어느 것에 기재한 반사형 마스크 블랭크, 또는 구성 7 내지 16 중 어느 것에 기재한 제조방법에 의해 얻어진 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을 패터닝한 흡수체 패턴을, 상기 다층 반사막 위에 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크이다.
- [0072] 구성 17의 반사형 마스크에 따르면, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.
- [0073] (구성 18)
- [0074] 본 발명의 구성 18은, 구성 17에 기재한 반사형 마스크를 이용해 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스를 실시하여, 피전사체에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법이다.
- [0075] 구성 18의 반도체 장치의 제조방법에 따르면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 이물이나 흠집 등의 치명 결함을 배제한 반사형 마스크를 사용할 수 있으므로, 반도체 기관 등의 피전사체상에 형성된 레지스트막에 전사하는 회로 패턴 등의 전사 패턴에 결함이 없고, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.

**발명의 효과**

- [0076] 상술한 본 발명의 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크에 의하면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사

에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함의 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능해진다. 특히, EUV 리소그래피에 사용하는 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크에 있어서는, 유사 결함을 억제하면서, 기관 주표면상에 형성한 다층 반사막은 높은 반사율을 얻을 수 있다. 또, 상술한 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 제조방법에 따르면, 상술의 반사형 마스크 블랭크를 확실하게 제조할 수 있다.

[0077] 또, 상술한 반도체 장치의 제조방법에 따르면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 이물이나 흠집 등의 치명 결함을 배제한 반사형 마스크를 사용할 수 있으므로, 반도체 기관 등의 피전사체상에 형성하는 회로 패턴 등의 전사 패턴에 결함이 없고, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0078] 도 1(a)는 본 발명의 실시시형태에 관한 마스크 블랭크용 기관을 나타내는 사시도이다. 도 1(b)는 본 실시형태의 마스크 블랭크용 기관을 나타내는 단면(斷面) 모식도이다.

도 2는 본 발명의 실시시형태에 관한 다층 반사막 부착 기관의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 3은 본 발명의 실시시형태에 관한 반사형 마스크 블랭크의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 4는 본 발명의 실시시형태에 관한 반사형 마스크의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 5는 본 발명의 실시시형태에 관한 반사형 마스크 블랭크의 구성의 다른 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 6은 본 발명의 실시예 시료 1, 비교예 시료 1의 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막 표면을 파워 스펙트럼 해석한 결과를 나타내는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0079] 본 발명은 마스크 블랭크용 기관의 주표면 위에 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막 및 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크이다.

[0080] 도 5는 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 위에 마스크 블랭크용 다층막(26)을 갖는다. 본 명세서에서 마스크 블랭크용 다층막(26)이란, 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 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)을 포함할 수 있다. 도 5에 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 후술의 설명에서는, 에칭 마스크막(25)에 대하여, 흡수체막(24)에 전사 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(25)을 박리하는 것으로 하고 있다. 그러나, 에칭 마스크막(25)을 형성하지 않는 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 흡수체막(24)을 복수층의 적층 구조로 하고, 이 복수층을 구성하는 재료를 서로 다른 에칭 특성을 갖는 재료로 함으로써, 에칭 마스크 기능을 가진 흡수체막(24)으로 한 반사형 마스크 블랭크(30)로 해도 된다.

[0081] 본 명세서에 있어서 「마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 위에, 마스크 블랭크용 다층막(26)을 갖는다」라는 것은, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면에 접하여 배치되는 것을 의미하는 경우 외에, 마스크 블랭크용 기관(10)과 마스크 블랭크용 다층막(26)의 사이에 다른 막을 갖는 것을 의미하는 경우도 포함한다. 또, 본 명세서에 있어서, 예를 들면 「막 A가 막 B의 표면에 접하여 배치된다」라는 것은, 막 A와 막 B의 사이에 다른 막을 개재시키지 않고, 막 A와 막 B가 직접 접하도록 배치되어 있는 것을 의미한다.

[0082] 도 3은 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 다른 일례를 나타내는 모식도이다. 도 3의 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.

[0083] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 마스크 블랭크용 다층막(26)이 형성되어 있는 반사형 마스크 블랭크(30) 표면에 있어서의  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이고, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하인 것을 특징으로 한다.

[0084] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 의하면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함의 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능해진다.

[0085] 다음으로, 마스크 블랭크용 다층막(26)이 형성되어 있는 반사형 마스크 블랭크(30)의 주표면의 표면 형태를 나타내는 파라미터인 표면 거칠기(Rmax, Rms) 및 파워 스펙트럼 밀도(Power Spectrum Density: PSD)에 대하여 이하에 설명한다.

[0086] 우선, 대표적인 표면 거칠기의 지표인 Rms(Root means square)는, 제곱평균평방근 거칠기이며, 평균선에서부터 측정 곡선까지의 편차의 제곱을 평균한 값의 평방근이다. Rms는 하기 식 (1)로 표시된다.

[0087] [수 1]

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

[0088] 식 (1)에 있어서, l은 기준 길이이고, Z는 평균선에서부터 측정 곡선까지의 높이이다.

[0089] 마찬가지로, 대표적인 표면 거칠기의 지표인 Rmax는, 표면 거칠기의 최대 높이이고, 거칠기 곡선의 산의 높이의 최대값과 골의 깊이의 최대값의 절대값의 차이(가장 높은 산과 가장 깊은 골의 차이)이다.

[0090] Rms 및 Rmax는, 종래부터 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면 거칠기의 관리에 이용되고 있고, 표면 거칠기를 수치로 파악할 수 있는 점에서 우수하다. 그러나, 이들 Rms 및 Rmax는 모두 높이 정보이며, 미세한 표면 형상의 변화에 관한 정보를 포함하지 않는다.

[0091] 이것에 대해, 얻어진 표면의 요철을 공간 주파수 영역으로 변환함으로써, 공간 주파수에서의 진폭 강도로 나타내는 파워 스펙트럼 해석은, 미세한 표면 형상을 수치화할 수 있다. Z(x, y)를 x좌표, y좌표에 있어서의 높이 데이터라고 하면, 그 푸리에 변환은 하기 식 (2)로 부여된다.

[0092] 이것에 대해, 얻어진 표면의 요철을 공간 주파수 영역으로 변환함으로써, 공간 주파수에서의 진폭 강도로 나타내는 파워 스펙트럼 해석은, 미세한 표면 형상을 수치화할 수 있다. Z(x, y)를 x좌표, y좌표에 있어서의 높이 데이터라고 하면, 그 푸리에 변환은 하기 식 (2)로 부여된다.

[0093] [수 2]

$$F(u, v) = \frac{1}{N_x N_y} \sum_{x=0}^{N_x-1} \sum_{y=0}^{N_y-1} Z(x, y) \exp\left[-i2\pi\left(\frac{ux}{N_x} + \frac{vy}{N_y}\right)\right] \quad \dots (2)$$

[0094] 여기에서, Nx, Ny는, x방향과 y방향의 데이터의 수이다. u=0, 1, 2...Nx-1, v=0, 1, 2...Ny-1이고, 이때 공간 주파수(f)는 하기 식 (3)으로 부여된다.

[0096] [수 3]

$$f = \left\{ \left[ \frac{u}{(N_x - 1)d_x} \right]^2 + \left[ \frac{v}{(N_y - 1)d_y} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad \dots (3)$$

[0097] 여기에서, 식 (3)에 있어서 dx는 x방향의 최소 분해능이고, dy는 y방향의 최소 분해능이다.

[0099] 이때의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)는 하기 식 (4)로 부여된다.

[0100] [수 4]

$$P(u, v) = |F(u, v)|^2 \quad \dots (4)$$

[0101] 이 파워 스펙트럼 해석은, 반사형 마스크 블랭크(30)의 마스크 블랭크용 다층막(26)의 표면 상태의 변화를 단순한 높이의 변화로서 뿐만 아니라, 그 공간 주파수에서의 변화로서 파악할 수 있는 점에서 우수하고, 원자 레벨에서의 미시적인 반응 등이 표면에 주는 영향을 해석하는 수법이다.

[0103] 그리고, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 상기 목적을 달성하기 위해, 마스크 블랭크용 다층막

(26)의 표면을, 상술의 표면 거칠기(Rms), 파워 스펙트럼 밀도를 이용하고,  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이며, 또한 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하가 되도록 한다.

[0104] 본 발명에 있어서 상기  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역은, 전사 패턴 형성 영역의 임의의 개소이면 된다. 전사 패턴 형성 영역은, 마스크 블랭크용 기관(10)이 6025 사이즈( $152\text{mm}\times 152\text{mm}\times 6.35\text{mm}$ )인 경우, 예를 들면 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면의 둘레 가장자리 영역을 제외한  $142\text{mm}\times 142\text{mm}$ 의 영역이나,  $132\text{mm}\times 132\text{mm}$ 의 영역,  $132\text{mm}\times 104\text{mm}$ 의 영역으로 할 수 있다. 또, 상기 임의의 개소에 대해서는, 예를 들면 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면의 중심 영역으로 할 수 있다.

[0105] 또, 본 발명에 있어서 상기  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역은, 마스크 블랭크용 다층막(26)의 막 표면의 중심 영역으로 할 수 있다. 예를 들면 반사형 마스크 블랭크(30)의 마스크 블랭크용 다층막(26)의 막 표면이 장방형의 형상을 하고 있는 경우에는, 상기 중심이란 상기 장방형의 대각선의 교점이다. 즉, 상기 교점과 상기 영역에 있어서의 중심(영역의 중심도 상기 막 표면의 중심과 마찬가지로)이 일치한다.

[0106] 또, 위에서 설명한  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역, 전사 패턴 형성 영역, 임의의 개소에 대해서는, 경우에 따라서는 마스크 블랭크용 기관(10) 및 다층 반사막 부착 기관(20)에 있어서도 적용할 수 있다.

[0107] 또, 150nm~365nm의 파장 영역의 검사광을 이용하는 고감도 결함검사장치, 예를 들면, 검사 광원 파장으로서는 266nm의 UV 레이저 또는 193nm의 ArF 엑시머 레이저를 이용하는 고감도 결함검사장치를 사용하여 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면의 결함검사를 실시하는 경우에는, 상기 표면에 있어서,  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도를  $50\text{nm}^4$  이하로 할 수 있고, 바람직하게는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $45\text{nm}^4$  이하, 보다 바람직하게는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도를  $40\text{nm}^4$  이하, 더욱 바람직하게는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도를  $35\text{nm}^4$  이하, 더욱 바람직하게는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도를  $30\text{nm}^4$  이하로 하는 것이 바람직하다.

[0108] 또, 상술의 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는 0.5nm 이하, 바람직하게는 0.45nm 이하, 보다 바람직하게는 0.40nm 이하, 더욱 바람직하게는 0.35nm 이하, 더욱 바람직하게는 0.30nm 이하, 더욱 바람직하게는 0.25nm 이하인 것이 좋다. 또, 최대 높이(Rmax)는, 바람직하게는 5nm 이하, 더욱 바람직하게는 4.5nm 이하, 더욱 바람직하게는 4nm 이하, 더욱 바람직하게는 3.5nm 이하, 더욱 바람직하게는 3nm 이하, 더욱 바람직하게는 2.5nm 이하가 좋다.

[0109] 또, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 상기 목적을 달성하기 위해, 마스크 블랭크용 다층막(26)의 표면을, 원자간력 현미경으로  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역을 측정하여 얻어지는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도의 적분값(I)은  $800\times 10^{-3}\text{nm}^3$  이하로 하는 것이 더욱 바람직하다. 더욱 바람직하게는 상기 적분값(I)은  $650\times 10^{-3}\text{nm}^3$  이하로 하는 것이 좋다. 더욱 바람직하게는 상기 적분값(I)은  $500\times 10^{-3}\text{nm}^3$  이하로 하는 것이 좋다. 특히 바람직하게는 상기 적분값(I)은  $450\times 10^{-3}\text{nm}^3$  이하로 하는 것이 좋다.

[0110] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 의하면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함의 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능해진다.

[0111] 다음으로 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0112] [마스크 블랭크용 기관(10)]

[0113] 우선, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조에 이용할 수 있는 마스크 블랭크용 기관(10)에 대하여 이하에 설명한다.

[0114] 도 1(a)는 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조에 이용할 수 있는 마스크 블랭크용 기관(10)의 일례를 나타내는 사시도이다. 도 1(b)는 도 1(a)에 나타내는 마스크 블랭크용 기관(10)의 단면 모식도이다.

[0115] 마스크 블랭크용 기관(10)(또는, 단순히 기관(10)이라고 칭하는 경우가 있다.)은 직사각형상의 판상체이며, 2개의 대향 주표면(2)과 단면(端面)(1)을 갖는다. 2개의 대향 주표면(2)은, 이 판상체의 상면 및 하면이며, 서로 대향하도록 형성되어 있다. 또, 2개의 대향 주표면(2)의 적어도 한쪽은 전사 패턴이 형성되어야 하는 주표면이

다.

- [0116] 단면(1)은, 이 판상체의 측면이며, 대향 주표면(2)의 바깥측 둘레에 인접한다. 단면(1)은 평면상(狀)의 단면 부분(1d) 및 곡면상(狀)의 단면 부분(1f)을 갖는다. 평면상의 단면 부분(1d)은 한쪽의 대향 주표면(2)의 변과, 다른 쪽의 대향 주표면(2)의 변을 접촉하는 면이며, 측면부(1a) 및 모따기 경사면부(1b)를 포함한다. 측면부(1a)는 평면상의 단면 부분(1d)에 있어서의 대향 주표면(2)과 거의 수직인 부분(T면)이다. 모따기 경사면부(1b)는 측면부(1a)와 대향 주표면(2)의 사이에 있어서의 모따기된 부분(C면)이며, 측면부(1a)와 대향 주표면(2)의 사이에 형성된다.
- [0117] 곡면상의 단면 부분(1f)은 기관(10)을 평면시켰을 때에 기관(10)의 모서리부(10a) 근방에 인접하는 부분(R부)이며, 측면부(1c) 및 모따기 경사면부(1e)를 포함한다. 여기에서, 기관(10)을 평면시킨다는 것은, 예를 들면 대향 주표면(2)과 수직인 방향에서 기관(10)을 보는 것이다. 또, 기관(10)의 모서리부(10a)란, 예를 들면 대향 주표면(2)의 바깥측 둘레에 있어서의 2변의 교점 근방이다. 2변의 교점이란, 2변의 각각의 연장선의 교점이면 된다. 본 예에 있어서, 곡면상의 단면 부분(1f)은 기관(10)의 모서리부(10a)를 둥글게 함으로써 곡면상으로 형성되어 있다.
- [0118] 본 발명의 목적을 보다 확실하게 달성하기 위해, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용하는 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 및 다층 반사막 부착 기관(20)의 다층 반사막(21)의 표면이, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면과 마찬가지로 소정의 표면 거칠기와 소정의 파워 스펙트럼 밀도(Power Spectrum Density: PSD)를 갖고 있는 것이 바람직하다.
- [0119] 또, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면은, 촉매 기준 에칭에 의해 표면 가공된 표면으로 하는 것이 바람직하다. 촉매 기준 에칭(Catalyst Referred Etching: 이하, CARE라고도 한다)이란, 피가공물(마스크 블랭크용 기관)과 촉매를 처리액 중에 배치하거나, 피가공물과 촉매의 사이에 처리액을 공급하고, 피가공물과 촉매를 접촉시켜, 그 때에 촉매상에 흡착하고 있는 처리액 중의 분자로부터 생성된 활성종에 의해서 피가공물을 가공하는 표면 가공 방법이다. 또한 피가공물이 유리 등의 고체 산화물로 이루어지는 경우에는 처리액을 물로 하고, 물의 존재하에서 피가공물과 촉매를 접촉시켜, 촉매와 피가공물 표면을 상대운동시키는 등에 의해, 가수분해에 의한 분해 생성물을 피가공물 표면으로부터 제거하여 가공하는 것이다.
- [0120] 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면이, 촉매 기준 에칭에 의해, 기준면인 촉매 표면에 접촉하는 볼록부부터 선택적으로 표면 가공된다. 그 때문에, 주표면을 구성하는 요철(표면 거칠기)이 매우 높은 평활성을 유지하면서, 매우 고른 표면 형태가 되고, 또한, 기준면에 대해 볼록부보다 오목부를 구성하는 비율이 많은 표면 형태가 된다. 따라서, 상기 주표면상에 복수의 박막을 적층하는 경우에 있어서는, 주표면의 결함 사이즈가 작아지는 경향이 되므로, 촉매 기준 에칭에 의해 표면 처리하는 것이 결함 품질상 바람직하다. 특히, 상기 주표면상에 후술하는 다층 반사막(21)을 형성하는 경우에 특히 효과가 발휘된다. 또, 상술한 바와 같이 주표면을 촉매 기준 에칭에 의해 표면 처리함으로써, 상술한 소정 범위의 표면 거칠기 및 소정의 파워 스펙트럼 밀도의 표면을 비교적 용이하게 형성할 수 있다.
- [0121] 또한, 기관(10)의 재료가 유리 재료인 경우, 촉매로는 백금, 금, 전이금속 및 이들 중 적어도 하나를 포함하는 합금으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종의 재료를 사용할 수 있다. 또, 처리액으로는 순수(純水), 오존수나 수소수 등의 기능수, 저농도의 알칼리 수용액, 저농도의 산성 수용액으로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 1종의 소정 액을 사용할 수 있다.
- [0122] 상기와 같이 주표면의 표면 거칠기 및 파워 스펙트럼 밀도를 상기 범위로 함으로써, 예를 들면 레이저 테크사 제조의 EUV 노광용의 마스크·서브스트레이트/블랭크 결함검사장치 「MAGICS M7360」(검사 광원 파장: 266nm)이나, KLA-Tencor사 제조의 레티클, 옵티컬·마스크/블랭크 및 EUV·마스크/블랭크 결함검사장치 「Teron610」(검사 광원 파장: 193nm)에 의한 결함검사에서 유사 결함의 검출을 대폭 억제할 수 있다.
- [0123] 또한, 상기 검사 광원 파장은 266nm 및 193nm로 한정되지 않는다. 검사 광원 파장으로서 532nm, 488nm, 364nm 또는 257nm를 사용해도 상관없다.
- [0124] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용하는 마스크 블랭크용 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면은, 적어도 패턴 전사 정밀도, 위치 정밀도를 얻는 관점에서 고평탄도가 되도록 표면 가공되어 있는 것이 바람직하다. EUV의 반사형 마스크 블랭크용 기관(10)의 경우, 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면의 132mm×132mm의 영역, 또는 142mm×142mm의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1 $\mu$ m 이하인 것이 바람직하고, 특히 바람직하게는 0.05 $\mu$ m 이하이다. 더욱 바람직하게는 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면 132mm×132mm의

영역에 있어서 평탄도가 0.03 $\mu\text{m}$  이하이다. 또, 전사 패턴이 형성되는 측과 반대측의 주표면은, 노광 장치에 세트할 때의 정전(靜電) 척(chuck)되는 면으로서, 142mm $\times$ 142mm의 영역에 있어서 평탄도가 1 $\mu\text{m}$  이하, 특히 바람직하게는 0.5 $\mu\text{m}$  이하이다.

[0125] EUV 노광용의 반사형 마스크 블랭크용 기관(10)의 재료로는, 저열팽창의 특성을 갖는 것이면 무엇이든 좋다. 예를 들면, 저열팽창의 특성을 갖는 SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>계 유리(2원계(SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>) 및 3원계(SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>-SnO<sub>2</sub> 등)), 예를 들면 SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Li<sub>2</sub>O계의 결정화 유리 등의 소위 다성분계 유리를 사용할 수 있다. 또, 상기 유리 이외에 실리콘이나 금속 등의 기관을 이용할 수도 있다. 상기 금속 기관의 예로는, 인바 합금(Fe-Ni계 합금) 등을 들 수 있다.

[0126] 상술한 바와 같이, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 경우, 기관에 저열팽창의 특성이 요구되기 때문에 다성분계 유리 재료를 사용한다. 그러나, 다성분계 유리 재료는 합성 석영 유리와 비교할 때 높은 평활성을 얻기 어렵다는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해, 다성분계 유리 재료로 이루어지는 기관상에, 금속 혹은 합금으로 이루어지는 박막, 또는 금속 및 합금 중 어느 것에 산소, 질소, 탄소 중 적어도 하나를 함유한 재료로 이루어지는 박막을 형성한다. 그리고, 이러한 박막 표면을 경면 연마, 표면 처리함으로써, 상기 범위의 표면 거칠기, 파워 스펙트럼 밀도의 표면을 비교적 용이하게 형성할 수 있다.

[0127] 상기 박막의 재료로는, 예를 들면 Ta(탄탈) 혹은 Ta를 함유하는 합금, 또는 Ta 및 Ta를 함유하는 합금 중 어느 것에 산소, 질소, 탄소 중 적어도 하나를 함유한 Ta 화합물이 바람직하다. Ta 화합물로는, 예를 들면 TaB, TaN, TaO, TaON, TaCON, TaBN, TaBO, TaBON, TaBCON, TaHf, TaHfO, TaHfN, TaHfON, TaHfCON, TaSi, TaSiO, TaSiN, TaSiON 및 TaSiCON 등에서 선택한 것을 적용할 수 있다. 이들 Ta 화합물 중, 질소(N)를 함유하는 TaN, TaON, TaCON, TaBN, TaBON, TaBCON, TaHfN, TaHfON, TaHfCON, TaSiN, TaSiON 및 TaSiCON 에서 선택한 것을 이용하는 것이 보다 바람직하다. 또한, 상기 박막은, 박막 표면의 고품활성의 관점에서, 바람직하게는 아몰퍼스 구조로 하는 것이 좋다. 박막의 결정 구조는 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정할 수 있다.

[0128] 또한, 본 발명에서는, 상기에 규정한 표면 거칠기, 파워 스펙트럼 밀도를 얻기 위한 가공 방법은 특별히 한정되는 것은 아니다. 본 발명은 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면 거칠기, 파워 스펙트럼 밀도를 관리하는 점에 특징이 있고, 예를 들면 후술하는 실시예에 예시한 것과 같은 가공 방법에 의해 실현할 수 있다.

[0129] [다층 반사막 부착 기관(20)]

[0130] 다음으로 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용할 수 있는 다층 반사막 부착 기관(20)에 대하여 이하에 설명한다.

[0131] 도 2는 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용할 수 있는 다층 반사막 부착 기관(20)의 일례를 나타내는 모식도이다.

[0132] 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기관(20)은, 상기 설명한 마스크 블랭크용 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면상에 다층 반사막(21)을 갖는 구조로 하고 있다. 이 다층 반사막(21)은 EUV 리소그래피용 반사형 마스크(40)에 있어서 EUV광을 반사하는 기능을 부여하는 것이며, 굴절률이 다른 원소가 주기적으로 적층된 다층 반사막(21)의 구성을 취하고 있다.

[0133] 다층 반사막(21)은 EUV광을 반사하는 한 그 재질은 특별히 한정되지 않는다. 다층 반사막(21) 단독에서의 반사율은 통상 65% 이상이고, 상한은 통상 73% 이다. 이러한 다층 반사막(21)은, 일반적으로는 고굴절률의 재료로 이루어지는 박막(고굴절률층)과 저굴절률의 재료로 이루어지는 박막(저굴절률층)이 교대로 40~60주기 정도 적층된 다층 반사막(21)으로 할 수 있다.

[0134] 예를 들면, 파장 13~14nm의 EUV광에 대한 다층 반사막(21)으로는, Mo 막과 Si 막을 교대로 40주기 정도 적층한 Mo/Si 주기 다층막으로 하는 것이 바람직하다. 그 외, EUV광의 영역에서 사용되는 다층 반사막(21)으로서 Ru/Si 주기 다층막, Mo/Be 주기 다층막, Mo 화합물/Si 화합물 주기 다층막, Si/Nb 주기 다층막, Si/Mo/Ru 주기 다층막, Si/Mo/Ru/Mo 주기 다층막 및 Si/Ru/Mo/Ru 주기 다층막 등에서 선택한 것을 이용하는 것이 가능하다.

[0135] 다층 반사막(21)의 형성 방법은 당해 기술 분야에 있어서 공지이다. 예를 들면, 마그네트론 스퍼터링법이나, 이온 빔 스퍼터링법 등에 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 수nm 정도의 Si 막을 기관(10)상에 성막하고, 그 후 Mo 타겟을 이용하여 두께 수nm 정도의 Mo 막을 성막하며, 이것을 1주기로 하여 40~60주기 적층하여 다층 반사막(21)을 형성한다.

- [0136] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조할 때, 다층 반사막(21)은, 고굴절률 재료의 스퍼터링 타겟 및 저굴절률 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 교대로 조사하여, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것이 바람직하다. 소정의 이온 빔 스퍼터링법으로 다층 반사막(21)을 형성함으로써, EUV광에 대한 반사율 특성이 양호한 다층 반사막(21)을 확실히 얻을 수 있다.
- [0137] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21)의 표면 중, 마스크 블랭크용 기관(10)과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 보호막(22)을 추가로 포함하는 것이 바람직하다.
- [0138] 상술한 바와 같이 형성된 다층 반사막(21) 위에, EUV 리소그래피용 반사형 마스크(40)의 제조 공정에 있어서의 드라이 에칭이나 웨트 세정으로부터의 다층 반사막(21)의 보호를 위해, 보호막(22)(도 3을 참조)을 형성할 수도 있다. 이와 같이 마스크 블랭크용 기관(10)상에 다층 반사막(21)과 보호막(22)을 갖는 형태도 본 발명에 있어서의 다층 반사막 부착 기관(20)으로 할 수 있다.
- [0139] 또한, 상기 보호막(22)의 재료로는, 예를 들면, Ru, Ru-(Nb, Zr, Y, B, Ti, La, Mo), Si-(Ru, Rh, Cr, B), Si, Zr, Nb, La 및 B 등에서 선택한 재료를 사용할 수 있다. 이들 재료 중, 루테튬(Ru)을 포함하는 재료를 적용하면, 다층 반사막(21)의 반사율 특성이 보다 양호해진다. 구체적으로는, 보호막(22)의 재료는, Ru, Ru-(Nb, Zr, Y, B, Ti, La, Mo)인 것이 바람직하다. 이러한 보호막(22)은, 특히 흡수체막(24)을 Ta계 재료로 하고, C1계 가스의 드라이 에칭으로 당해 흡수체막(24)을 패터닝하는 경우에 유효하다.
- [0140] 또한, 상기의 다층 반사막 부착 기관(20)에서는, 다층 반사막(21) 또는 보호막(22)의 표면에 있어서,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도를  $25\text{nm}^4$  이하로 할 수 있고, 바람직하게는  $22.5\text{nm}^4$  이하, 보다 바람직하게는  $20\text{nm}^4$  이하로 하는 것이 좋다. 이와 같은 구성으로 함으로써,  $150\text{nm} \sim 365\text{nm}$ 의 파장 영역의 검사광을 이용하는 고감도 결함검사장치, 예를 들면 위에서 예로 든 검사광원 파장으로서는  $266\text{nm}$ 의 UV 레이저 또는  $193\text{nm}$ 의 ArF 엑시머 레이저를 이용하는 고감도 결함검사장치로 다층 반사막 부착 기관(20)의 결함검사를 실시하는 경우, 유사 결함의 검출을 대폭 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.
- [0141] 또, 상기의 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 대폭 억제할 수 있는 효과에 더하여, 다층 반사막 부착 기관(20)으로서 필요한 반사 특성을 양호하게 하기 위해, 상기의 다층 반사막 부착 기관(20)에서는, 다층 반사막(21) 또는 보호막(22)의 표면에 있어서,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)를  $0.25\text{nm}$  이하, 바람직하게는  $0.20\text{nm}$  이하, 보다 바람직하게는  $0.15\text{nm}$  이하로 하는 것이 좋다.
- [0142] 상기 범위의 기관(10)의 표면 형태를 유지하며, 다층 반사막(21) 또는 보호막(22)의 표면을 상기 범위의 파워 스펙트럼 밀도로 하려면, 다층 반사막(21)을 기관(10)의 주표면의 법선에 대해 비스듬하게 고굴절률층과 저굴절률층이 퇴적하도록 스퍼터링법에 의해 성막함으로써 얻을 수 있다. 보다 구체적으로는, Mo 등의 저굴절률층의 성막을 위한 스퍼터 입자의 입사각도와, Si 등의 고굴절률층의 성막을 위한 스퍼터 입자의 입사각도는, 0도 초과 45도 이하로 하여 성막하면 된다. 보다 바람직하게는 0도 초과 40도 이하, 더욱 바람직하게는 0도 초과 30도 이하가 좋다. 또한, 다층 반사막(21)상에 형성하는 보호막(22)도 다층 반사막(21)의 성막 후, 연속하여, 기관(10)의 주표면의 법선에 대해 비스듬하게 보호막(22)이 퇴적하도록 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성하는 것이 바람직하다.
- [0143] 또, 다층 반사막 부착 기관(20)에 있어서, 기관(10)의 다층 반사막(21)과 접하는 면과 반대측의 면에는 정전 척의 목적을 위해 이면 도전막(23)(도 3을 참조)을 형성할 수도 있다. 이와 같이, 마스크 블랭크용 기관(10)상의 전사 패턴이 형성되는 측에 다층 반사막(21)과 보호막(22)을 갖고, 다층 반사막(21)과 접하는 면과 반대측의 면에 이면 도전막(23)을 갖는 형태도, 본 발명에 있어서의 다층 반사막 부착 기관(20)으로 할 수 있다. 또한, 이면 도전막(23)에 요구되는 전기적 특성(시트 저항)은, 통상  $100\Omega / \square$  이하이다. 이면 도전막(23)의 형성 방법은 공지이며, 예를 들면 마그네트론 스퍼터링법이나 이온 빔 스퍼터링법에 의해 Cr, Ta 등의 금속이나 합금의 타겟을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0144] 또, 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기관(20)으로는, 기관(10)과 다층 반사막(21)의 사이에 하지층(下地層)을 형성해도 된다. 하지층은, 기관(10)의 주표면의 평활성 향상의 목적, 결함 저감의 목적, 다층 반사막(21)의 반사율 증강 효과의 목적, 및 다층 반사막(21)의 응력 보정의 목적으로 형성할 수 있다.
- [0145] [반사형 마스크 블랭크(30)]

- [0146] 다음으로 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 대하여 설명한다.
- [0147] 도 3은 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 일례를 나타내는 모식도이다.
- [0148] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 상기 설명한 다층 반사막 부착 기관(20)의 보호막(22)상에 전사 패턴이 되는 흡수체막(24)을 형성한 구성으로 하고 있다.
- [0149] 상기 흡수체막(24)은 노광광인 EUV광을 흡수하는 기능을 가지는 것으로, 반사형 마스크 블랭크(30)를 사용하여 제작되는 반사형 마스크(40)에 있어서, 상기 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 반사율 차를 갖는 것이면 된다.
- [0150] 예를 들면, EUV광에 대한 흡수체막(24)의 반사율은 0.1% 이상 40% 이하의 사이에서 설정된다. 또, 상기 반사율 차에 더하여, 상기 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 위상차를 갖는 것이어도 된다. 또한, 이러한 반사광간에 원하는 위상차를 갖는 경우, 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서의 흡수체막(24)을 위상 시프트막이라고 칭하는 경우가 있다. 상기 반사광간에 원하는 위상차를 마련하여, 얻어지는 반사형 마스크의 반사광의 콘트라스트를 향상시키는 경우, 위상차는 180도±10도의 범위로 설정하는 것이 바람직하고, 흡수체막(24)의 반사율은 절대 반사율로 1.5% 이상 30% 이하, 다층 반사막(21) 및/또는 보호막(22)의 표면에 대한 흡수체막(24)의 반사율은 2% 이상 40% 이하로 설정하는 것이 바람직하다.
- [0151] 상기 흡수체막(24)은 단층이어도 적층 구조여도 된다. 적층 구조인 경우, 동일 재료의 적층막, 이종 재료의 적층막 중 어느 것이어도 된다. 적층막은 재료나 조성이 막 두께 방향으로 단계적 및/또는 연속적으로 변화된 것으로 할 수 있다.
- [0152] 상기 흡수체막(24)의 재료는 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, EUV광을 흡수하는 기능을 갖는 것으로, Ta(탄탈) 단체(單體), 또는 Ta를 주성분으로 하는 재료를 이용하는 것이 바람직하다. Ta를 주성분으로 하는 재료는, 통상 Ta의 합금이다. 이러한 흡수체막(24)의 결정 상태는 평활성, 평탄성의 점에서 아몰퍼스상(狀) 또는 미결정의 구조를 갖고 있는 것이 바람직하다. Ta를 주성분으로 하는 재료로는, 예를 들면 Ta와 B를 포함하는 재료, Ta와 N을 포함하는 재료, Ta와 B를 포함하고, 또한 O와 N 중 적어도 어느 하나를 포함하는 재료, Ta와 Si를 포함하는 재료, Ta와 Si와 N을 포함하는 재료, Ta와 Ge를 포함하는 재료, 및 Ta와 Ge와 N을 포함하는 재료 등에서 선택한 재료를 이용할 수 있다. 또 예를 들면, Ta에 B, Si 및 Ge 등에서 선택한 적어도 하나를 더함으로써, 아몰퍼스 구조가 용이하게 얻어져 평활성을 향상시킬 수 있다. 또한, Ta에 N 및/또는 O를 더하면, 산화에 대한 내성이 향상하기 때문에 경시적인 안정성을 향상시킬 수 있다. 상기 범위의 기관(10)이나, 다층 반사막 부착 기관(20)의 표면 형태를 유지하면서, 흡수체막(24) 표면을 상기 범위의 파워 스펙트럼 밀도로 하려면, 흡수체막(24)을 미결정 구조로 하거나, 또는 아몰퍼스 구조로 하는 것이 바람직하다. 결정 구조에 대해서는 X선 회절 장치(XRD)에 의해 확인할 수 있다.
- [0153] 구체적으로는, 흡수체막(24)을 형성하는 탄탈을 함유하는 재료로는, 예를 들면, 탄탈 금속, 탄탈에 질소, 산소, 붕소 및 탄소에서 선택되는 1 이상의 원소를 함유하고, 수소를 실질적으로 함유하지 않는 재료 등을 들 수 있다. 예를 들면, Ta, TaN, TaON, TaBN, TaBON, TaCN, TaCON, TaBCN 및 TaBOCN 등을 들 수 있다. 상기 재료에 대해서는 본 발명의 효과를 얻을 수 있는 범위에서, 탄탈 이외의 금속을 함유시켜도 된다. 흡수체막(24)을 형성하는 탄탈을 함유하는 재료에 붕소를 함유시키면, 흡수체막(24)을 아몰퍼스 구조(비정질)가 되도록 제어하기 쉽다.
- [0154] 마스크 블랭크의 흡수체막(24)은 탄탈과 질소를 함유하는 재료로 형성되는 것이 바람직하다. 흡수체막(24) 중의 질소 함유량은 50원자% 이하인 것이 바람직하고, 30원자% 이하인 것이 바람직하며, 25원자% 이하인 것이 보다 바람직하고, 20원자% 이하인 것이 더욱 바람직하다. 흡수체막(24) 중의 질소 함유량은 5원자% 이상인 것이 바람직하다.
- [0155] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에서는, 흡수체막(24)이, 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10원자% 이상 50원자% 이하인 것이 바람직하며, 보다 바람직하게는 15원자% 이상 50원자% 이하, 더욱 바람직하게는 30원자% 이상 50원자% 이하가 좋다. 흡수체막(24)이 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10원자% 이상 50원자% 이하인 것에 의해, 흡수체막(24) 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및 3 $\mu$ m×3 $\mu$ m의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수 1~10 $\mu$ m<sup>-1</sup>의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도가 소정 값의 범위가 되고, 또한 흡수체막을 구성하는 결정입자의 확대를 억제할 수 있으므로, 흡수체막을 패터닝 했을 때의 패턴 엣지 러프니스를 저감할 수 있다.

- [0156] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에서는, 흡수체막(24)의 막 두께는, 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 반사율 차를 갖는 것으로 하기 위해 필요한 막 두께로 설정한다. 흡수체막(24)의 막 두께는 새도잉 효과를 작게 하기 위해 60nm 이하인 것이 바람직하다. 흡수체막(24)의 막 두께가 60nm인 것에 의해, 흡수체막(24) 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를 더욱 작게 할 수 있고, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제시킬 수 있다.
- [0157] 또, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에서는, 상기 흡수체막(24)은, 상기 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 위상차를 갖는 위상 시프트 기능을 갖게 할 수 있다. 그 경우, EUV광에 의한 전자 해상성이 향상된 반사형 마스크를 위한 원판인 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다. 또, 원하는 전자 해상성을 얻는 데 필요한 위상 시프트 효과를 발휘하기 위해 필요한 흡수체의 막 두께를 종래보다 박막화할 수 있으므로, 새도잉 효과를 작게한 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있다.
- [0158] 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)의 재료는 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 상기에 예로 든 Ta 단체, 또는 Ta를 주성분으로 하는 재료로 할 수 있고, 그 이외의 재료라도 상관없다. Ta 이외의 재료로는, Ti, Cr, Nb, Mo, Ru, Rh 및 W를 들 수 있다. 또, Ta, Ti, Cr, Nb, Mo, Ru, Rh 및 W 중 2 이상의 원소를 포함하는 합금을 재료로서 이용할 수 있고, 이들 원소를 재료로 하는 층의 적층막으로 할 수 있다. 또, 이들 재료에 질소, 산소 및 탄소에서 선택되는 1 이상의 원소를 함유해도 된다. 그 중에서도 질소를 포함하는 재료로 함으로써, 흡수체막의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출되는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를 작게 할 수 있고, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제시킬 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 얻을 수 있으므로 바람직하다. 또한, 흡수체막(24)을 적층막으로 하는 경우, 동일 재료의 층의 적층막이나, 이종 재료의 층의 적층막으로 해도 된다. 흡수체막(24)을 이종 재료의 층의 적층막으로 한 경우, 이 복수층을 구성하는 재료가 서로 다른 에칭 특성을 갖는 재료로 하여, 에칭 마스크 기능을 가진 흡수체막(24)으로 해도 된다.
- [0159] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 최표면이 흡수체막(24)인 경우, 흡수체막(24) 표면에 있어서의  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms) 및 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도는 소정 범위의 값이 되도록 한다. 이러한 구조를 갖는 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 의하면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함의 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능해진다.
- [0160] 또한, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 도 3에 나타내는 구성으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 상기 흡수체막(24) 위에, 흡수체막(24)을 패터닝하기 위한 마스크가 되는 레지스트막을 형성할 수도 있고, 레지스트막 부착 반사형 마스크 블랭크(30)도 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)로 할 수 있다. 또한, 흡수체막(24) 위에 형성하는 레지스트막은 포지티브형이어도 네가티브형이어도 상관없다. 또, 전자선 묘화용이어도 레이저 묘화용이어도 상관없다. 또한, 흡수체막(24)과 상기 레지스트막의 사이에, 이른바 하드 마스크막(에칭 마스크막)을 형성할 수도 있고, 이 양태도 본 발명에 있어서의 반사형 마스크 블랭크(30)로 할 수 있다.
- [0161] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 흡수체막(24)의 표면 중, 마스크 블랭크용 기관(10)과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막(25)을 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 도 5에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 위의 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21), 보호막(22) 및 흡수체막(24)에 더하여, 추가로 에칭 마스크막(25)을 갖고 있다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 도 5에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)의 마스크 블랭크용 다층막(26)의 최표면에 추가로 레지스트막을 가질 수 있다.
- [0162] 구체적으로는, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 흡수체막(24)의 재료가, Ta 단체, 또는 Ta를 주성분으로 하는 재료를 이용하는 경우, 흡수체막(24)상에 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 에칭 마스크막(25)이 형성된 구조로 되어 있는 것이 바람직하다. 이러한 구조의 반사형 마스크 블랭크(30)로 함으로써, 흡수체막(24)에 전자 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(25)을 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스를 이용한 드라이 에칭으로 박리해도, 흡수체막(24) 패턴의 광학적 특성이 양호한 반사형 마스크(40)를 제작할 수 있다. 또, 흡수체막(24)에 형성된 전자 패턴의 라인 엣지 러프니스가 양호한 반사형 마스크(40)를 제작할 수 있다.
- [0163] 에칭 마스크막(25)을 형성하는 크롬을 함유하는 재료로는, 예를 들면 크롬에, 질소, 산소, 탄소 및 붕소에서 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료 등을 들 수 있다. 예를 들면, CrN, CrON, CrCN, CrCON, CrBN, CrBON,

CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다. 상기 재료에 대해서는 본 발명의 효과를 얻을 수 있는 범위에서 크롬 이외의 금속을 함유시켜도 된다. 에칭 마스크막(25)의 막 두께는, 전자 패턴을 정밀도 좋게 흡수체막(24)에 형성하는 에칭 마스크로서의 기능을 얻는 관점에서 3nm 이상인 것이 좋다. 또, 에칭 마스크막(25)의 막 두께는, 레지스트막의 막 두께를 얇게 하는 관점에서 15nm 이하인 것이 좋다.

[0164] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 최표면이 에칭 마스크막(25)인 경우, 반사형 마스크 블랭크(30)의 최표면이 흡수체막(24)인 경우와 마찬가지로, 에칭 마스크막(25)의 표면에 있어서의  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms) 및 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도는 소정 범위의 값이 되도록 한다. 이러한 구조를 갖는 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 의하면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서, 기관이나 막의 표면 거칠기에 기인하는 유사 결함의 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능해진다.

[0165] 다음으로 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에 대하여 설명한다.

[0166] 본 발명은 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막(21) 및 흡수체막(24)을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막(26)을 갖는 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법이다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법은, 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면 위에 다층 반사막(21)을 형성하는 공정과, 다층 반사막(21) 위에 흡수체막(24)을 형성하는 공정을 포함한다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에서는, 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면이,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이고, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하가 되도록 흡수체막(24)을 형성한다.

[0167] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면에 있어서, Rms를 0.5nm 이하(바람직하게는 0.45nm 이하, 보다 바람직하게는 0.40nm 이하, 더욱 바람직하게는 0.35nm 이하)로 하고,  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도를  $50\text{nm}^4$  이하(바람직하게는  $45\text{nm}^4$  이하, 보다 바람직하게는  $40\text{nm}^4$  이하, 더욱 바람직하게는  $35\text{nm}^4$  이하)로 함으로써, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함 검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있는 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조할 수 있다.

[0168] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에서는, 흡수체막(24)을 형성하는 공정에 있어서, 흡수체막(24)은, 흡수체막(24)에 포함되는 재료로 이루어지는 스퍼터링 타겟을 이용하는 반응성 스퍼터링법에 의해 형성되고, 반응성 스퍼터링 시의 분위기 가스에 포함되는 성분이 함유되도록 흡수체막(24)이 형성되는 것이 바람직하다. 반응성 스퍼터링법에 의한 성막 시에, 분위기 가스의 유량을 조절함으로써, 흡수체막(24)을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막(26)의 표면의 제곱평균평방근 거칠기(Rms), 및  $3\mu\text{m} \times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서 검출될 수 있는 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 거칠기 성분 전체의 진폭 강도인 파워 스펙트럼 밀도가 소정 값의 범위가 되도록 조절할 수 있다.

[0169] 반응성 스퍼터링법에 의해 흡수체막(24)을 형성하는 경우, 분위기 가스는 불활성 기체와 질소 가스를 함유하는 혼합 가스인 것이 바람직하다. 이 경우에는, 질소의 유량을 조절할 수 있으므로 적절한 조성을 갖는 흡수체막(24)을 얻을 수 있다. 그 결과, 마스크 블랭크용 다층막(26)의 표면에 있어서, 적절한 제곱평균평방근 거칠기(Rms) 및 파워 스펙트럼 밀도를 갖는 흡수체막(24)을 확실히 얻을 수 있다.

[0170] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에서는, 흡수체막(24)은 탄탈을 포함하는 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하여 형성되는 것이 바람직하다. 이 결과, 탄탈을 포함하는, 적절한 노광광의 흡수를 갖는 흡수체막(24)을 형성할 수 있다.

[0171] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에서는, 흡수체막(24)을 형성하는 공정에 있어서, 흡수체막(24)은, 흡수체막 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하는 스퍼터링법에 의해 형성되고, 흡수체막(24) 표면이, 제곱평균평방근 거칠기(Rms)가 0.5nm 이하이며, 또한 공간 주파수  $1 \sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도가  $50\text{nm}^4$  이하가 되도록 재료와 막 두께를 선정한다. 상기 흡수체막(24)의 재료는 상기에 예로 든 재료에서 선정되고, 흡수체막(24)의 막 두께는, 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 반사율 차를 갖는 것으로 하기 위해 필요한 막 두께로 설정된다. 흡수체막(24)의 막 두께는 60nm 이하의 범위에서 설정하는 것이 바람직하다.

- [0172] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법은 다층 반사막(21)의 표면에 접하여 배치되는 보호막(22)을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 보호막(22)을 형성함으로써, 전사용 마스크(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막(21)의 표면에의 손상을 억제할 수 있으므로, EUV광에 대한 반사율 특성이 더욱 양호해진다. 또, 제조되는 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 고감도 결함검사장치를 사용한 보호막(22) 표면의, 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.
- [0173] 보호막(22)은, 보호막(22) 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 조사하는, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것이 바람직하다. 이온 빔 스퍼터링법에 의해 보호막 표면의 평활화를 얻을 수 있으므로, 보호막상에 형성되는 흡수체막이나, 추가로 흡수체막상에 형성되는 에칭 마스크막의 표면을 평활화시킬 수 있다.
- [0174] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법은 흡수체막(24)의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막(25)을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 흡수체막(24)과는 드라이 에칭 특성이 다른 에칭 마스크막(25)을 형성함으로써, 흡수체막(24)에 전사 패턴을 형성할 때에 고정밀도의 전사 패턴을 형성할 수 있다.
- [0175] [반사형 마스크(40)]
- [0176] 다음으로 본 발명의 실시형태에 관한 반사형 마스크(40)에 대하여 이하에 설명한다.
- [0177] 도 4는 본 실시형태의 반사형 마스크(40)를 나타내는 모식도이다.
- [0178] 본 발명의 반사형 마스크(40)는, 상기의 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서의 흡수체막(24)을 패터닝하여, 상기 다층 반사막(21)상 또는 상기 보호막(22)상에 흡수체 패턴(27)을 형성한 구성이다. 본 실시형태의 반사형 마스크(40)는, EUV광 등의 노광광으로 노광하면, 마스크 표면에서 흡수체막(24)이 있는 부분에서는 노광광이 흡수되고, 그 이외의 흡수체막(24)을 제거한 부분에서는 노출된 보호막(22) 및 다층 반사막(21)에서 노광광이 반사됨으로써, 리소그래피용의 반사형 마스크(40)로서 사용할 수 있다. 본 발명의 반사형 마스크(40)에 의해, 고감도 결함검사장치를 사용한 결함검사에서의 유사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.
- [0179] [반도체 장치의 제조방법]
- [0180] 이상 설명한 반사형 마스크(40)와, 노광 장치를 사용한 리소그래피 프로세스에 의해, 반도체 기관 등의 피전사체상에 형성된 레지스트막에 반사형 마스크(40)의 흡수체 패턴(27)에 근거하는 회로 패턴 등의 전사 패턴을 전사하고, 그 외 여러 가지 공정을 거침으로써 반도체 기관 등의 피전사체상에 여러 가지 전사 패턴 등이 형성된 반도체 장치를 제조할 수 있다.
- [0181] 본 발명의 반도체 장치의 제조방법에 따르면, 고감도의 결함검사장치를 이용한 결함검사에 있어서 이물이나 흠집 등의 치명 결함을 배제한 반사형 마스크(40)를 사용할 수 있으므로, 반도체 기관 등의 피전사체상에 형성된 레지스트막에 전사하는 회로 패턴 등의 전사 패턴에 결함이 없고, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.
- [0182] 또한, 상술의 마스크 블랭크용 기관(10), 다층 반사막 부착 기관(20), 반사형 마스크 블랭크(30)에 기준 마크를 형성하고, 이 기준 마크와, 상술의 고감도 결함검사장치로 검출된 치명 결함의 위치를 좌표 관리할 수 있다. 얻어진 치명 결함의 위치 정보(결함 데이터)에 근거하여 반사형 마스크(40)를 제작할 때에, 상술의 결함 데이터와 피전사 패턴(회로 패턴) 데이터를 바탕으로 치명 결함이 존재하고 있는 개소에 흡수체 패턴(27)이 형성되도록 표화 데이터를 보정하여 결함을 저감시킬 수 있다.
- [0183] **실시예**
- [0184] 다음으로 본 실시예의 형태에 관한 반사형 마스크 블랭크(30) 및 반사형 마스크(40)를 제조한 예를 실시예로서 설명한다.
- [0185] 우선, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면에, 다층 반사막(21) 및 흡수체막(24)을 이하에 기술하는 바와 같이 성막하여, 실시예 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4의 다층 반사막 부착 기관(20)을 제조했다.
- [0186] <마스크 블랭크용 기관(10)의 제작>
- [0187] 마스크 블랭크용 기관(10)으로서, 크기가 152mm×152mm, 두께가 6.35mm의 SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>계 유리 기관을 준비하고, 양면 연마 장치를 이용하여 당해 유리 기관의 표리면을, 산화 세륨 지립(砥粒)이나 콜로이드 실리카 지립에 의해 단계적으로 연마한 후, 저농도의 규불산으로 표면 처리했다. 이에 따라 얻어진 유리 기관 표면의 표면 거칠

기를 원자간력 현미경으로 측정할 바, 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는 0.5nm였다.

- [0188] 당해 유리 기관의 표리면에 있어서의 148mm×148mm 영역의 표면 형상(표면 형태, 평탄도), TTV(판 두께 불균 일)를 파장 변조 레이저를 이용한 파장 시프트 간섭계로 측정했다. 그 결과, 유리 기관의 표리면의 평탄도는 290nm(블록형상)였다. 유리 기관 표면의 표면 형상(평탄도)의 측정 결과는, 측정점마다 있는 기준면에 대한 높 이의 정보로서 컴퓨터에 보존하는 동시에, 유리 기관에 필요한 표면 평탄도의 기준값 50nm(블록형상), 이면 평탄도의 기준값 50nm와 비교하고, 그 차분(필요 제거량)을 컴퓨터로 계산했다.
- [0189] 이어서, 유리 기관면 내를 가공 스폿 형상 영역마다 필요 제거량에 따른 국소 표면 가공의 가공 조건을 설정했 다. 사전에 더미 기관을 이용하여, 실제 가공과 동일하게 더미 기관을, 일정시간 기관을 이동시키지 않고 스폿 에서 가공하고, 그 형상을 상기 표리면의 표면 형상을 측정하는 장치와 동일 측정기로 측정하여, 단위시간당에 서의 스폿의 가공 체적을 산출한다. 그리고, 스폿의 정보와 유리 기관의 표면 형상의 정보로부터 얻어진 필요 제거량에 따라, 유리 기관을 래스터 주사할 때의 주사 스피드를 결정했다.
- [0190] 설정한 가공 조건에 따라, 자기유체에 의한 기관 마무리 장치를 이용하여, 자기점탄성 유체 연마(Magneto Rheological Finishing: MRF) 가공법에 의해 유리 기관의 표리면 평탄도가 상기의 기준값 이하가 되도록 국소 표면 가공 처리를 하여 표면 형상을 조정했다. 또한, 이때 사용한 자기점탄성 유체는 철성분을 포함하고 있고, 연마 슬러리는, 연마제로서 산화 세륨을 약 2wt% 포함하는 알칼리 수용액을 이용했다. 그 후, 유리 기관을 농 도 약 10%의 염산 수용액(온도 약 25℃)이 들어간 세정조에 약 10분간 침지한 후, 순수에 의한 린스, 이소프로 필 알코올(IPA) 건조를 실시했다.
- [0191] 또한, 본 발명에 있어서의 마스크 블랭크용 기관(10)의 국소 가공 방법은, 상술한 자기점탄성 유체 연마 가공법 에 한정되는 것은 아니다. 가스 클러스터 이온 빔(Gas Cluster Ion Beams: GCIB)이나 국소 플라즈마를 사용한 가공 방법이어도 된다.
- [0192] 그 후, 국소 표면 가공 처리의 마무리 연마로서 표면 거칠기 개선을 목적으로 하여, 콜로이달 실리카 지립을 이 용한 양면 터치 연마를 실시한 후, 촉매 기준 에칭법(CARE: Catalyst Referred Etching)에 의한 표면 가공을 실시했다. 이 CARE는 이하의 가공 조건으로 실시했다.
- [0193] 가공액: 순수
- [0194] 촉매: 백금
- [0195] 기관 회전수: 10.3회전/분
- [0196] 촉매 정반 회전수: 10회전/분
- [0197] 가공 시간: 50분
- [0198] 가공압: 250hPa
- [0199] 그 후, 유리 기관의 단면(端面)을 스크립 세정한 후, 당해 기관을 왕수(온도 약 65℃)가 들어간 세정조에 약 10 분간 침지시키고, 그 후, 순수에 의한 린스, 건조를 실시했다. 또한, 왕수에 의한 세정은 유리 기관의 표리면 에 촉매인 백금의 잔류물이 없어질 때까지 복수회 실시했다.
- [0200] 상술한 바와 같이 하여 얻어진 EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면에 있어서, 전사 패턴 형성 영 역(132mm×132mm)의 임의의 개소의 1 $\mu$ m×1 $\mu$ m 영역을 원자간력 현미경으로 측정할 바, 제곱평균평방근 거칠기 (Rms)는 0.040nm, 최대 높이(Rmax)는 0.40nm였다.
- [0201] 상술한 바와 같이 하여 얻어진 EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면에 있어서의 1 $\mu$ m×1 $\mu$ m의 영역을, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 공간 주파수 1 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이상 10 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이하의 파워 스펙트럼 밀도는, 최대값 5.29nm<sup>4</sup>, 최소값 1.15nm<sup>4</sup>였다. 또, 공간 주파수 10 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이상 100 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이하의 파워 스펙트럼 밀도는, 최대 값 1.18nm<sup>4</sup>, 최소값 0.20nm<sup>4</sup>였다. 따라서, 상술의 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면의 공간 주파수 1 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이 상, 및 공간 주파수 1 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이상 10 $\mu$ m<sup>-1</sup> 이하에서의 파워 스펙트럼 밀도는 10nm<sup>4</sup> 이하였다고 할 수 있다.
- [0202] 검사 광원 파장 193nm의 고감도 결함검사장치(KLA-Tencor사 제조 「Teron610」)를 사용하여, 구 상당 직경 SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)로 21.5nm의 결함을 검출할 수 있는 검사 감도 조건으로, 상술의 EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면에 있어서의 132mm×132mm의 영역을 결함검사했다. 이 결과, 유사

결함을 포함하는 결함 검출 개수는 합계 370개로, 종래의 결함 검출 개수 50,000개 초과와 비교하여 유사 결함이 대폭 억제되었다. 합계 370개 정도의 결함 검출 개수이면, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 유무를 용이하게 검사할 수 있다.

- [0203] 또, 검사 광원 파장 266nm의 고감도 결함검사장치(레이저 테크사 제조 「MAGICS M7360」)를 사용하여, 최고의 검사 감도 조건으로, 상술의 EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면에 있어서의 132mm×132mm의 영역을 결함검사한 결과, 결함 검출 개수의 합계는 모두 50,000개를 밑돌아, 치명 결함의 검사가 가능했다.
- [0204] <실시에 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4의 제작>
- [0205] Mo 타겟 및 Si 타겟을 사용하여, 이온 빔 스퍼터링에 의해 Mo 층(저굴절률층, 두께 2.8nm) 및 Si 층(고굴절률층, 두께 4.2nm)을 교대로 적층하고(적층수 40페어), 다층 반사막(21)을 상술의 유리 기관상에 형성했다. 이온 빔 스퍼터링법에 의한 다층 반사막(21)의 성막 시, 이온 빔 스퍼터링에 있어서의 유리 기관의 주표면의 법선에 대한 Mo 및 Si 스퍼터 입자의 입사각도는 30도, 이온 소스의 가스 유량은 8sccm으로 했다.
- [0206] 다층 반사막(21)의 성막 후, 추가로 연속하여 다층 반사막(21)상에 이온 빔 스퍼터링에 의해 Ru 보호막(22)(막 두께 2.5nm)을 성막하여 다층 반사막 부착 기관(20)으로 했다. 이온 빔 스퍼터링법에 의한 Ru 보호막(22)의 성막 시, 기관의 주표면의 법선에 대한 Ru 스퍼터 입자의 입사각도는 40도, 이온 소스의 가스 유량은 8sccm으로 했다.
- [0207] 다음으로 상술한 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면상에, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 흡수체막(24)을 성막했다. 실시예 시료 1~4 및 비교예 시료 1~3의 경우에는, 표 1에 나타내는 바와 같이 단층의 TaN 막을 흡수체막(24)으로 했다. 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 경우에는, 표 2에 나타내는 바와 같이, 흡수층인 TaBN 막 및 저반사층인 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막을 흡수체막(24)으로 했다.
- [0208] 실시예 시료 1~4 및 비교예 시료 1~3의 흡수체막(24)(TaN 막)의 성막 방법은 다음과 같다. 즉, 상술한 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면상에 DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 TaN 막을 성막했다. 구체적으로는, Ta 타겟(다축압연(多軸壓延) 타겟)을 마스크 블랭크용 기관(10)의 주표면에 대향시키고, Ar 가스 및 N<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 실시했다. 표 1에 실시예 시료 1~4 및 비교예 시료 1~3의 TaN 막을 성막할 때의 Ar 가스 및 N<sub>2</sub> 가스의 유량 등의 성막 조건을 나타낸다. 성막 후, X선 광전자 분광법(XPS법)에 의해 TaN 막의 원소 조성을 측정했다. 표 1에, XPS법에 의해 측정한 실시예 시료 1~4 및 비교예 시료 1~3의 TaN 막의 원소 조성을 TaN 막의 막 두께와 함께 나타낸다. 또한, 상기 TaN 막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정한 바, 미결정 구조였다. 이상과 같이 하여, 실시예 시료 1~4 및 비교예 시료 1~3의 흡수체막(24)(TaN 막)을 성막했다.
- [0209] 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 흡수체막(24)(흡수층인 TaBN 막 및 저반사층인 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막)의 성막 방법은 다음과 같다. 즉, 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 대향시키고, Ar 가스 및 N<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 실시했다. 표 2에, 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 TaBN 막을 성막할 때의 Ar 가스 및 N<sub>2</sub> 가스의 유량 등의 성막 조건을 나타낸다. 성막 후, X선 광전자 분광법(XPS법)에 의해 TaBN 막의 원소 조성을 측정했다. 표 2에, XPS법에 의해 측정한 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 TaBN 막의 원소 조성을, TaBN 막의 막 두께와 함께 나타낸다. 또한, 상기 TaBN 막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정한 바, 아몰퍼스 구조였다.
- [0210] 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4에서는, 다음으로 TaBN 막 위에 추가로, Ta, B 및 O를 포함하는 TaBO 막(저반사층)을 DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 형성했다. 이 TaBO 막은, 제 1 막인 TaBN 막과 마찬가지로, TaB 혼합 소결 타겟(Ta:B=80:20, 원자비)에 다층 반사막 부착 기관(20)을 대향시키고, Ar 및 O<sub>2</sub>의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 실시했다. 표 2에, 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 TaBO 막을 성막할 때의 Ar 가스 및 O<sub>2</sub> 가스의 유량 등의 성막 조건을 나타낸다. 성막 후, X선 광전자 분광법(XPS법)에 의해 TaBO 막의 원소 조성을 측정했다. 표 2에, XPS법에 의해 측정한 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 TaBO 막의 원소 조성을, TaBO 막의 막 두께와 함께 나타낸다. 또한, 상기 TaBO 막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정한 바, 아몰퍼스 구조였다. 이상과 같이 하여, 실시예 시료 5 및 비교예 시료 4의 흡수체막(24)(적층막)을 성막했다.

[0211] [표 1]

		실시예 시료 1	실시예 시료 2	실시예 시료 3	실시예 시료 4	비교예 시료 1	비교예 시료 2	비교예 시료 3
타겟 재료		Ta						
성막 가스	Ar(sccm)	20	39	30	20	20	1	40
	N <sub>2</sub> (sccm)	33	8	20	33	33	60	5
막조성(XPS법)		TaN막						
		Ta(원자%)	85	70	50	50	42	92
		N(원자%)	15	30	50	50	58	8
막 두께(nm)		100	100	100	50	200	100	100
Rms (nm)		0.365	0.334	0.293	0.272	0.553	1.062	0.473
PSD의 최대값(1~10 μm <sup>-1</sup> 의 범위) (nm <sup>4</sup> )		39.0	36.2	31.5	29.8	114.7	197.4	53.9
PSD의 적분값(1~10 μm <sup>-1</sup> 의 범위) (×10 <sup>-3</sup> nm <sup>3</sup> )		497.34	475.03	452.86	439.29	1945.54	3020.11	968.72
결함검출개수(개)		13204	10508	9878	7014	>100000	>100000	71372

[0212]

[0213] [표 2]

		실시예 시료 5	비교예 시료 4	
흡수층	타겟 재료	TaB혼합 소결 타겟 (Ta:B=80:20, 원자비)	TaB혼합 소결 타겟 (Ta:B=80:20, 원자비)	
	성막 가스	Ar(sccm)	12.4	
		N <sub>2</sub> (sccm)	6.0	
	막조성(XPS법)		TaBN층	TaBN층
			Ta(원자%)	74.1
			B(원자%)	12.2
			N(원자%)	13.7
막 두께(nm)		56	186	
저반사층	타겟 재료	(제1막과 동일)	(제1막과 동일)	
	성막 가스	Ar(sccm)	57.0	
		O <sub>2</sub> (sccm)	28.6	
	막조성(XPS법)		TaBO층	TaBO층
			Ta(원자%)	40.6
			B(원자%)	6.2
			O(원자%)	53.2
막 두께(nm)		14	14	
합계 막 두께(nm)		70	200	
Rms (nm)		0.496	0.536	
PSD의 최대값(1~10 μm <sup>-1</sup> 의 범위) (nm <sup>4</sup> )		46.3	44.6	
PSD의 적분값(1~10 μm <sup>-1</sup> 의 범위) (×10 <sup>-3</sup> nm <sup>3</sup> )		752.29	875.64	
결함검출개수(개)		18572	58113	

[0214]

[0215] 실시예 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4로서 얻어진 EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 흡수체막(24) 표면에 대하여, 전자 패턴 형성 영역(132mm×132mm)의 임의의 개소(구체적으로는, 전자 패턴 형성 영역의 중심)의 3 μm×3 μm 영역을 원자간력 현미경으로 측정했다. 표 1 및 표 2에, 원자간력 현미경에 의한 측정에 의해 얻어진 표면 거칠기(제곱평균평방근 거칠기, Rms), 및 표면 거칠기의 파워 스펙트럼 해석에 의해 구한 공간 주파수 1~10 μm<sup>-1</sup>의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)의 최대값을 나타낸다.

[0216] 참고를 위해, 도 6에, 실시예 시료 1 및 비교예 시료 1의 파워 스펙트럼 해석 결과를 나타낸다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 실시예 시료 1의 TaN 막 표면에 있어서의 3 μm×3 μm의 영역을, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 공간 주파수 1~10 μm<sup>-1</sup>의 파워 스펙트럼 밀도는 최대값 39.0nm<sup>4</sup>, 최소값 11.4nm<sup>4</sup>였다. 한편, 도 6에 나타내는 바와 같이, 비교예 시료 1의 TaN 막 표면에 있어서의 3 μm×3 μm의 영역을, 원자간력 현미경으로 측정하여

얻어지는 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도는 최대값  $114.7\text{nm}^4$ , 최소값  $34.0\text{nm}^4$ 였다.

[0217] 표 1 및 표 2에 나타내는 바와 같이, 실시예 시료 1~5의 흡수체막(24) 표면의  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는  $0.5\text{nm}$  이하였다. 한편, 비교예 시료 1, 2 및 4의 흡수체막(24) 표면의  $3\mu\text{m}\times 3\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는  $0.5\text{nm}$  보다 컸다.

[0218] 표 1 및 표 2에 나타내는 바와 같이, 실시예 시료 1~5의 흡수체막(24) 표면의 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 에 있어서의 파워 스펙트럼 밀도의 최대값은  $50\text{nm}^4$  이하였다. 한편, 비교예 시료 1~3의 흡수체막(24) 표면의 공간 주파수  $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 에 있어서의 파워 스펙트럼 밀도의 최대값은  $50\text{nm}^4$  보다 컸다.

[0219] 검사 광원 파장  $193\text{nm}$ 의 고감도 결함검사장치(KLA-Tencor사 제조 「Teron610」)를 사용하여, 구 상당 직경 SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)로  $21.5\text{nm}$ 의 결함을 검출할 수 있는 검사 감도 조건으로, 실시예 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4의 흡수체막(24) 표면에 있어서의  $132\text{mm}\times 132\text{mm}$ 의 영역을 결함검사했다. 또한, 구 상당 직경 SEVD는 결함의 면적을(S), 결함의 높이(h)로 했을 때에  $\text{SEVD}=2(3\text{S}/4\pi\text{h})^{1/3}$ 의 식에 의해 산출할 수 있다. 결함의 면적(S), 결함의 높이(h)는 원자간력 현미경(AFM)에 의해 측정할 수 있다.

[0220] 표 1 및 표 2에, 구 상당 직경 SEVD의 측정에 의한, 실시예 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4의 흡수체막(24) 표면의, 유사 결함을 포함하는 결함 검출 개수를 나타낸다. 실시예 시료 1~5에서는, 결함 검출 개수가 최대라도 합계  $18,572$ 개(실시예 시료 5)로, 종래의 결함 검출 개수  $50,000$ 개 초과와 비교하여 유사 결함이 대폭 억제되었다. 합계  $18,572$ 개 정도의 결함 검출 개수이면, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 유무를 용이하게 검사할 수 있다. 이에 비해, 비교 시료 1~4에서는 결함 검출 개수가 최저라도 합계  $58,113$ 개(비교 시료 4)로, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 유무를 검사할 수 없었다.

[0221] <반사형 마스크 블랭크(30)의 제작: 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2>

[0222] 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)를 표 3에 나타내는 조건으로 제작했다. 즉, 실시예 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4의 경우와 마찬가지로, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면에 다층 반사막(21)을 성막했다. 그 후, 다층 반사막(21)의 표면에 보호막(22)을 성막하고, 보호막(22)상에 표 3에 나타내는 흡수체막(24)을 성막했다. 추가로 마스크 블랭크용 기관(10)의 이면에 이면 도전막(23)을 성막함으로써 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다.

[0223] [표 3]

	실시예 1	실시예 2	비교예 1	비교예 2
흡수체막	실시예 시료 3과 동일(TaN막)	실시예 시료 5와 동일(TaBN층/TaBO층)	비교예 시료 2와 동일(TaN막)	비교예 시료 3과 동일(TaN막)
흡수체막의 막 두께(nm)	85	85	85	85
이면 도전막	CrN막	CrN막	CrN막	CrN막
이면 도전막의 막 두께(nm)	20	20	20	20
Rms(nm)	0.285	0.498	0.98	0.459
PSD의 최대값( $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 범위) ( $\text{nm}^4$ )	30.7	46.9	178.2	52.1
PSD의 적분값( $1\sim 10\mu\text{m}^{-1}$ 의 범위) ( $\times 10^{-3}\text{nm}^3$ )	450.56	768.21	2547.30	939.48
결함검출개수(개)	8570	19986	>100000	69950

[0224] 또한, 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2에 이용하는 다층 반사막 부착 기관(20)의 보호막(22) 및 다층 반사막(21)에 대해, 전사 패턴 형성 영역( $132\text{mm}\times 132\text{mm}$ )의 외측 4개소에 상기 결함의 위치를 좌표 관리하기 위한 기준 마크를 집속 이온 빔에 의해 형성했다.

[0226] 이면 도전막(23)은 다음과 같이 형성했다. 즉, 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2에 이용하는 다층 반사막 부착 기관(20)의 다층 반사막(21)을 형성하고 있지 않은 이면에, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 이면 도전막(23)을 형성했다. 당해 이면 도전막(23)은, Cr 타겟을 다층 반사막 부착 기관(20)의 이면에 대향시키고, Ar 및  $\text{N}_2$ 의 혼합 가스(Ar: $\text{N}_2=90\%:10\%$ ) 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 실시했다. 러더퍼드 후방 산란 분석법에 의해

이면 도전막(23)의 원소 조성을 측정할 바, Cr: 90원자%, N: 10원자%였다. 또, 이면 도전막(23)의 막 두께는 20nm였다. 이상과 같이 하여, 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다.

[0227] 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24) 표면에 대하여, 전사 패턴 형성 영역(132mm×132mm)의 임의의 개소(구체적으로는, 전사 패턴 형성 영역의 중심)의 3 $\mu$ m×3 $\mu$ m 영역을 원자간력 현미경으로 측정했다. 표 3에, 원자간력 현미경에 의한 측정에 의해 얻어진 표면 거칠기(제곱평균평방근 거칠기, Rms), 및 표면 거칠기의 파워 스펙트럼 해석에 의해 구한 공간 주파수 1~10 $\mu$ m<sup>-1</sup>의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)의 최대값을 나타낸다.

[0228] 표 3에 나타내는 바와 같이, 실시예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24) 표면의 3 $\mu$ m×3 $\mu$ m의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는 0.5nm 이하였다. 한편, 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24) 표면의 3 $\mu$ m×3 $\mu$ m의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는 0.5nm 보다 컸다.

[0229] 표 3에 나타내는 바와 같이, 실시예 1 및 2의 흡수체막(24) 표면의 공간 주파수 1~10 $\mu$ m<sup>-1</sup>에 있어서의 파워 스펙트럼 밀도의 최대값은 50nm<sup>4</sup> 이하였다. 한편, 비교예 1 및 2의 흡수체막(24) 표면의 공간 주파수 1~10 $\mu$ m<sup>-1</sup>에 있어서의 파워 스펙트럼 밀도의 최대값은 50nm<sup>4</sup> 보다 컸다.

[0230] 검사 광원 파장 193nm의 고감도 결합검사장치(KLA-Tencor사 제조 「Teron610」)를 사용하여, 구 상당 직경 SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)로 21.5nm의 결합을 검출할 수 있는 검사 감도 조건으로, 실시예 시료 1~5 및 비교예 시료 1~4의 흡수체막(24) 표면에 있어서의 132mm×132mm의 영역을 결합검사를 했다. 또한, 구 상당 직경 SEVD는, 결합의 면적(S), 결합의 높이(h)로 했을 때에, SEVD=2(3S/4 $\pi$ h)<sup>1/3</sup>의 식에 의해 산출할 수 있다. 결합의 면적(S), 결합의 높이(h)는 원자간력 현미경(AFM)에 의해 측정할 수 있다.

[0231] 표 3에, 구 상당 직경 SEVD의 측정에 의한, 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 흡수체막(24) 표면의, 유사 결합을 포함하는 결합 검출 개수를 나타낸다. 실시예 1 및 2에서는 결합 검출 개수가 최대라도 합계 19,986개(실시예 2)로, 종래의 결합 검출 개수 50,000개 초과와 비교하여 유사 결합이 대폭 억제되었다. 합계 19,986개 정도의 결합 검출 개수이면, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 유무를 용이하게 검사할 수 있다. 이에 비해, 비교예 1 및 2에서는 결합 검출 개수가 최저라도 합계 69,950개(비교예 2)로, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 유무를 검사할 수 없었다.

[0232] <반사형 마스크(40)의 제작>

[0233] 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24) 표면에, 스핀 코트법에 의해 레지스트를 도포하고, 가열 및 냉각 공정을 거쳐, 막 두께 150nm의 레지스트막(25)을 성막했다. 이어서, 원하는 패턴의 묘화 및 현상 공정을 거쳐 레지스트 패턴을 형성했다. 당해 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 소정의 드라이 에칭에 의해 흡수체막(24)의 패턴링을 실시하고, 보호막(22)상에 흡수체 패턴(27)을 형성했다. 또한 흡수체막(24)이 TaBN 막인 경우에는 Cl<sub>2</sub> 및 He의 혼합 가스에 의해 드라이 에칭할 수 있다. 또, 흡수체막(24)이 TaBN 막 및 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막인 경우에는, 염소(Cl<sub>2</sub>) 및 산소(O<sub>2</sub>)의 혼합 가스(염소(Cl<sub>2</sub>) 및 산소(O<sub>2</sub>)의 혼합비(유량비)는 8:2)에 의해 드라이 에칭할 수 있다.

[0234] 그 후, 레지스트막(25)을 제거하고, 상기와 마찬가지로의 약액 세정을 실시하여 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)를 제작했다. 또한, 상술의 묘화 공정에 있어서는, 상기 기준 마크를 바탕으로 작성된 결합 데이터에 근거하여, 결합 데이터와 피전사 패턴(회로 패턴) 데이터를 바탕으로 치명 결함이 존재하고 있는 개소에 흡수체 패턴(27)이 배치되도록 묘화 데이터를 보정하여 반사형 마스크(40)를 제작했다. 얻어진 실시예 1 및 2 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)에 대하여 고감도 결합검사장치(KLA-Tencor사 제조 「Teron610」)를 사용하여 결합검사를 실시했다.

[0235] 고감도 결합검사장치에 의한 측정에서는, 실시예 1 및 2의 반사형 마스크(40)의 경우에는 결함은 확인되지 않았다. 한편, 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)의 경우에는 고감도 결합검사장치에 의한 측정에 의해 다수의 결함이 검출되었다.

[0236] <위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막이 형성된 반사형 마스크 블랭크(30)의 제작: 실시예 3~5>

[0237] 실시예 3~5의 반사형 마스크 블랭크(30)를 표 4에 나타내는 조건으로 제작했다. 실시예 시료 1~5 및 비교예 시

료 1~4의 경우와 마찬가지로, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기관(10)의 표면에 다층 반사막(21)을 성막했다. 그 후, 다층 반사막(21)의 표면에 보호막(22)을 성막하고, 보호막(22)상에 표 4에 나타내는 흡수체막(24)을 성막했다. 구체적으로는, DC스퍼터링에 의해 탄탈 질화막(TaN 막)과 크롬 탄화 산화 질화막(CrCON 막)을 적층함으로써 흡수체막(24)을 형성했다. TaN 막은 다음과 같이 형성했다. 즉, 탄탈 타겟을 이용하고, Ar 가스와 N<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기로 한 반응성 스퍼터링법으로, 표 4에 기재하고 있는 막 두께의 TaN 막(Ta: 85원자%, N: 15원자%)을 형성했다. CrCON 막은 다음과 같이 형성했다. 즉, 크롬 타겟을 이용하고, Ar 가스와 CO<sub>2</sub> 가스와 N<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기로 한 반응성 스퍼터링법으로 표 4에 기재하고 있는 막 두께의 CrCON 막(Cr: 45원자%, C: 10원자%, O: 35원자%, N: 10원자%)을 형성했다. 또한, 실시예 1 및 2와 마찬가지로 마스크 블랭크용 기관(10)의 이면에 이면 도전막(23)을 성막함으로써 실시예 3~5의 반사형 마스크 블랭크(30)를 제조했다.

[표 4]

	실시예3	실시예 4	실시예 5
흡수체막 하층(막 두께)	TaN(54.3nm)	TaN(48.9nm)	TaN(33.4nm)
흡수체막 상층(막 두께)	CrCON(5nm)	CrCON(10nm)	CrCON(25nm)
흡수체막 합계 막 두께(nm)	59.3	58.9	58.4
EUV절대반사율(%)	2.4	2.9	3.6
RMS(nm)	0.242	0.236	0.355
PSD의 최대값(nm <sup>4</sup> )	1~10( $\mu\text{m}^{-1}$ ) 의 범위	28.9	44.4
PSD의 적분값 ( $\times 10^{-3}\text{nm}^3$ )	1~10( $\mu\text{m}^{-1}$ ) 의 범위	433.2	467.9
결함검출개수(개)	6254	10094	25212

실시예 3~5의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24) 표면에 대하여, 실시예 1 및 2와 마찬가지로, 전사 패턴 형성 영역의 중심의 3 $\mu\text{m}$ ×3 $\mu\text{m}$ 의 영역을 원자간력 현미경으로 측정했다. 표 4에, 원자간력 현미경에 의한 측정에 의해 얻어진 표면 거칠기(제곱평균평방근 거칠기, Rms), 및 표면 거칠기의 파워 스펙트럼 해석에 의해 구한 공간 주파수 1~10 $\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)의 최대값을 나타낸다.

표 4에 나타내는 바와 같이, 실시예 3~5의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24) 표면의 3 $\mu\text{m}$ ×3 $\mu\text{m}$ 의 영역에서, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱평균평방근 거칠기(Rms)는 0.5nm 이하로 양호했다.

또, 실시예 3~5의 흡수체막(24) 표면의 공간 주파수 1~10 $\mu\text{m}^{-1}$ 의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)의 최대값은 50nm<sup>4</sup> 이하이고, 적분값도 800×10<sup>-3</sup>nm<sup>3</sup> 이하로 양호했다.

다음으로 실시예 1 및 2와 마찬가지로, 검사 광원 파장 193nm의 고감도 결함검사장치(KLA-Tencor사 제조 「Teron610」)를 사용하여, 구 상당 직경 SEVD(Sphere Equivalent Volume Diameter)로 21.5nm의 결함을 검출할 수 있는 검사 감도 조건으로, 실시예 3~5의 흡수체막(24) 표면에 있어서의 132mm×132mm의 영역을 결함검사했다.

그 결과, 실시예 3의 흡수체막(24) 표면의 결함 검출 개수는 6,254개로 가장 적고, 이어서 실시예 4의 흡수체막(24)은 10,094개, 실시예 5의 흡수체막(24)은 25,212개가 되어, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 유무를 용이하게 검사할 수 있는 레벨의 결함 검출 개수였다.

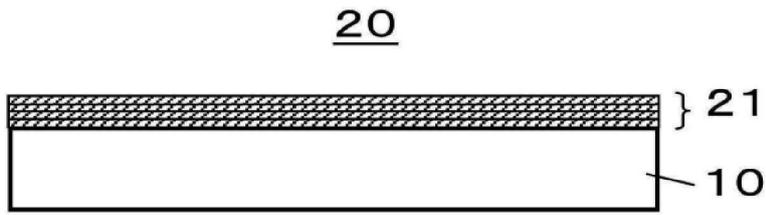
<반도체 장치의 제조방법>

상술의 실시예 1 내지 4, 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)를 사용하고, 노광 장치를 사용하여, 반도체 기관인 피전사체상의 레지스트막에 패턴 전사를 실시하고, 그 후 배선층을 패터닝하여 반도체 장치를 제작하면, 패턴 결함이 없는 반도체 장치를 제작할 수 있다.

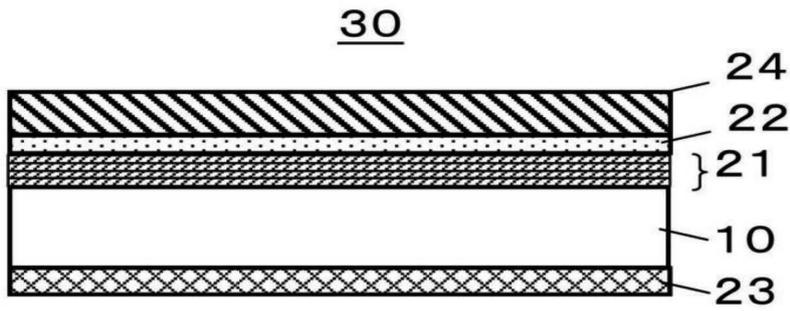
또한, 상술의 다층 반사막 부착 기관(20) 및 반사형 마스크 블랭크(30)의 제작에 있어서, 마스크 블랭크용 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면에, 다층 반사막(21) 및 보호막(22)을 성막한 후, 상기 주표면과는 반대측의 이면에 이면 도전막(23)을 형성했지만 이것에 한정되지 않는다. 마스크 블랭크용 기관(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면과는 반대측의 주표면에 이면 도전막(23)을 형성한 후, 전사 패턴이 형성되는 측의 주



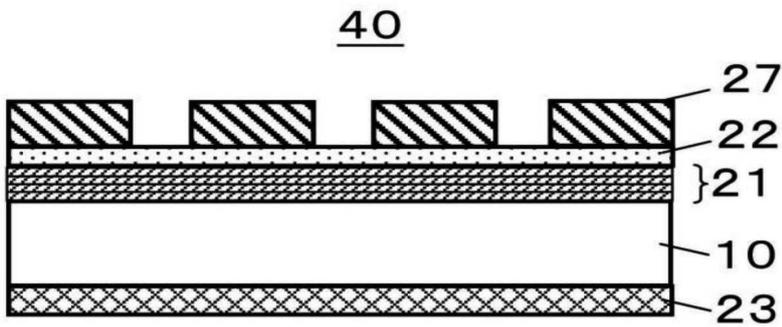
도면2



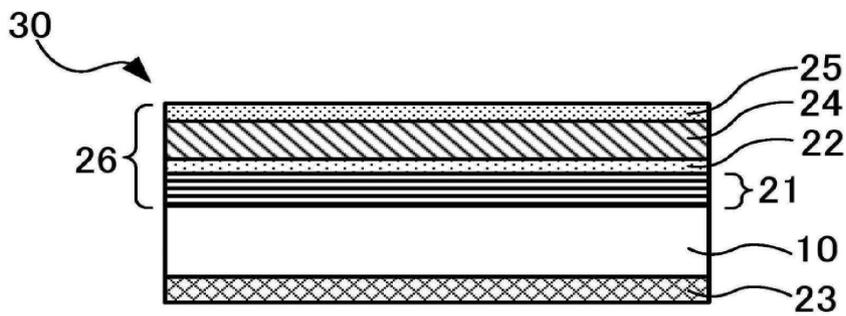
도면3



도면4



도면5



도면6

