



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0126592  
(43) 공개일자 2021년10월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 1/54 (2012.01) G03F 1/24 (2012.01)  
G03F 1/80 (2012.01) G03F 7/20 (2006.01)  
H01L 21/027 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G03F 1/54 (2013.01)  
G03F 1/24 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7025299
- (22) 출원일자(국제) 2020년02월21일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년08월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/007002
- (87) 국제공개번호 WO 2020/175354  
국제공개일자 2020년09월03일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2019-035300 2019년02월28일 일본(JP)

- (71) 출원인  
호야 가부시키키가이샤  
일본 도쿄도 신주꾸구 니시신주꾸 6초메 10-1
- (72) 발명자  
쇼키 츠토무  
일본국 1608347 도쿄도 신주꾸구 니시신주꾸 6초메 10-1호야 가부시키키가이샤 내
- 이케베 요헤이  
일본국 1608347 도쿄도 신주꾸구 니시신주꾸 6초메 10-1호야 가부시키키가이샤 내
- (74) 대리인  
특허법인(유한) 다래

전체 청구항 수 : 총 15 항

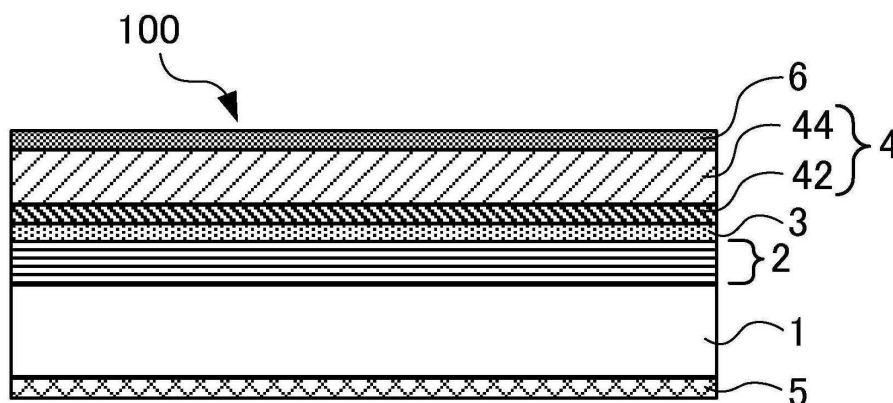
(54) 발명의 명칭 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크 및 그 제조 방법, 그리고 반도체 장치의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은, 반사형 마스크의 새도잉 효과를 보다 저감하는 동시에, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 제공한다.

기판 상에, 다층 반사막, 흡수체막 및 에칭 마스크막을 이 순서로 갖는 반사형 마스크 블랭크로서, 상기 흡수체막이, 버퍼층과, 버퍼층의 위에 설치된 흡수층을 갖고, 상기 버퍼층이, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 버퍼층의 막 두께가 0.5nm 이상 25nm 이하이고, 상기 흡수층이, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 버퍼층의 EUV 광에 대한 소외 계수보다도 상기 흡수층의 소외 계수가 크고, 상기 에칭 마스크막이, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 에칭 마스크막의 막 두께가 0.5nm 이상 14nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G03F 1/80* (2013.01)

*G03F 7/2004* (2013.01)

*H01L 21/0274* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기관 상에, 다층 반사막, 흡수체막 및 에칭 마스크막을 이 순서로 갖는 반사형 마스크 블랭크로서,

상기 흡수체막이, 버퍼층과, 버퍼층의 위에 설치된 흡수층을 갖고,

상기 버퍼층이, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 버퍼층의 막 두께가 0.5nm 이상 25nm 이하이고,

상기 흡수층이, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 버퍼층의 EUV 광에 대한 소외 계수보다도 상기 흡수층의 소외 계수가 크고,

상기 에칭 마스크막이, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 에칭 마스크막의 막 두께가 0.5nm 이상 14nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 버퍼층의 재료가, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것을 특징으로 하는, 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 버퍼층의 재료가, 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하고, 상기 버퍼층의 막 두께가 25nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 버퍼층의 재료가, 탄탈(Ta) 및 산소(O)를 포함하고, 상기 버퍼층의 막 두께가 15nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡수층의 재료가, 크롬(Cr)과, 질소(N) 및 탄소(C)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡수층의 재료가, 크롬(Cr) 및 질소(N)를 포함하고, 상기 흡수층의 막 두께가 25nm 이상 60nm 미만인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

에칭 마스크막의 재료가, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 8**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 에칭 마스크막의 재료가, 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하고, 산소(O)를 함유하지 않는 재료인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 9**

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 에칭 마스크막의 재료가, 규소와, 산소(O) 및 질소(N)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 버퍼층의 재료가, 규소와, 산소(O) 및 질소(N)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 11**

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다층 반사막과 상기 흡수체막의 사이에, 보호막을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 12**

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 에칭 마스크막의 위에 레지스트막을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 13**

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재한 반사형 마스크 블랭크에 있어서의 상기 흡수체막이 패터닝된 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크.

**청구항 14**

제 1 항 내지 제 12 항 중 어느 한 항에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 상기 에칭 마스크막을, 불소계 가스를 포함하는 드라이 에칭에 의해 패터닝하고, 상기 흡수층을, 염소계 가스와 산소 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스에 의해 패터닝하며, 상기 버퍼층을, 염소계 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스에 의해 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

**청구항 15**

EUV 광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 제 13 항에 기재한 반사형 마스크를 세트하고, 피전사 기관 상에 형성되어 있는 레지스트막에 전사 패턴을 전사하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은, 반도체 장치의 제조 등에 사용되는 노광용 마스크를 제조하기 위한 원판인 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크 및 그 제조 방법, 그리고 반도체 장치의 제조 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 반도체 장치 제조에 있어서의 노광 장치의 광원의 종류는, 파장 436nm의 g선, 동(同) 365nm의 i선, 동 248nm의 KrF 레이저, 동 193nm의 ArF 레이저로, 파장을 서서히 짧게 하면서 진화하고 있다. 보다 미세한 패턴 전사를

실현하기 위해, 파장이 13.5nm 근방인 극단 자외선(EUV: Extreme Ultra Violet)을 이용한 EUV 리소그래피가 개발되어 있다. EUV 리소그래피에서는, EUV 광에 대하여 투명한 재료가 적은 점에서, 반사형의 마스크가 이용된다. 반사형 마스크는, 저열팽창 기관 상에 노광광을 반사하기 위한 다층 반사막을 갖는다. 반사형 마스크는, 당해 다층 반사막을 보호하기 위한 보호막의 위에, 원하는 전사용 패턴이 형성된 마스크 구조를 기본 구조로 하고 있다. 또, 전사용 패턴의 구성으로부터, 대표적인 것으로서, 바이너리형 반사 마스크와, 위상 시프트형 반사 마스크(하프톤 위상 시프트형 반사 마스크)가 있다. 바이너리형 반사 마스크의 전사용 패턴은, EUV 광을 충분히 흡수하는 비교적 두꺼운 흡수체 패턴으로 이루어진다. 위상 시프트형 반사 마스크의 전사용 패턴은, EUV 광을 광 흡수에 의해 감광(減光)시키고, 또한 다층 반사막으로부터의 반사광에 대하여 거의 위상이 반전(약 180°의 위상 반전)된 반사광을 발생시키는 비교적 얇은 흡수체 패턴으로 이루어진다. 위상 시프트형 반사 마스크(하프톤 위상 시프트형 반사 마스크)는, 투과형 광 위상 시프트 마스크와 마찬가지로, 위상 시프트 효과에 의해 높은 전사 광학 상(像) 콘트라스트가 얻어지므로 해상도 향상 효과가 있다. 또, 위상 시프트형 반사 마스크의 흡수체 패턴(위상 시프트 패턴)의 막 두께가 얇기 때문에, 정밀도 좋고 미세한 위상 시프트 패턴을 형성할 수 있다.

[0003] EUV 리소그래피에서는, 광투과율의 관계로부터 다수의 반사경으로 이루어지는 투영 광학계가 이용되고 있다. 그리고, 반사형 마스크에 대하여 EUV 광을 비스듬하게 입사시켜, 이들 복수의 반사경이 투영광(노광광)을 차단하지 않도록 하고 있다. 입사 각도는, 현재, 반사 마스크 기관 수직면에 대하여 6°로 하는 것이 주류이다. 투영 광학계의 개구수(NA)의 향상과 함께 8° 정도의 보다 사입사(斜入射)가 되는 각도로 하는 방향으로 검토가 진행되고 있다.

[0004] EUV 리소그래피에서는, 노광광이 비스듬하게 입사되기 때문에, 새도잉 효과라고 불리는 고유의 문제가 있다. 새도잉 효과란, 입체 구조를 갖는 흡수체 패턴에 노광광이 비스듬하게 입사됨으로써 그림자가 생겨, 전사 형성되는 패턴의 치수나 위치가 바뀌는 현상을 말한다. 흡수체 패턴의 입체 구조가 벽이 되어 응달측에 그림자가 생겨, 전사 형성되는 패턴의 치수나 위치가 바뀐다. 예를 들면, 배치되는 흡수체 패턴의 방향이 사입사광의 방향과 평행이 되는 경우와 수직이 되는 경우에서, 양자의 전사 패턴의 치수와 위치에 차이가 발생해, 전사 정밀도를 저하시킨다.

[0005] 이와 같은 EUV 리소그래피용의 반사형 마스크 및 이것을 제작하기 위한 마스크 블랭크에 관련된 기술이 특허문헌 1 및 2에 개시되어 있다. 또, 특허문헌 1에는, 새도잉 효과가 작고, 또한 위상 시프트 노광이 가능하며, 충분한 차광 프레임 성능을 갖는 반사형 마스크를 제공하는 것이 기재되어 있다. 종래, EUV 리소그래피용의 반사형 마스크로서 위상 시프트형 반사 마스크를 이용함으로써, 바이너리형 반사 마스크의 경우보다도 위상 시프트 패턴의 막 두께를 비교적 얇게 하여, 새도잉 효과에 의한 전사 정밀도의 저하의 억제를 도모하고 있다.

[0006] 또, 특허문헌 2에는, 적어도 최상층과, 그 이외의 하층으로 이루어지는 적층 구조의 흡수체층을 구비한 반사형 마스크 블랭크스가 개시되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본국 특개2009-212220호 공보  
(특허문헌 0002) 일본국 특개2004-39884호 공보

#### 발명의 내용

[0008] 패턴을 미세하게 할수록, 및 패턴 치수나 패턴 위치의 정밀도를 높일수록 반도체 장치의 전기적 특성 성능이 올라가고, 또, 집적도 향상이나 칩 사이즈를 저감할 수 있다. 그 때문에, EUV 리소그래피에는 종래보다도 한 단계 높은 고정밀도 미세 치수 패턴 전사 성능이 요구되고 있다. 현재는, hp 16nm(half pitch 16nm) 세대 대응의 초미세 고정밀도 패턴 형성이 요구되고 있다. 이와 같은 요구에 대하여, 새도잉 효과를 줄이기 위해, 한층 더의 박막화(薄膜化)가 요구되고 있다. 특히, EUV 노광 시에, 흡수체막(위상 시프트막)의 막 두께를 60nm 미만, 바람직하게는 50nm 이하로 하는 것이 요구되고 있다.

[0009] 특허문헌 1 및 2에 개시되어 있는 바와 같이, 종래부터 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막(위상 시프트막)을 형성하는 재료로서 Ta가 이용되어 왔다. 그러나, EUV 광(예를 들면, 파장 13.5nm)에서의 Ta의 굴절률 n이 약

0.943 이어서, 그 위상 시프트 효과를 이용해도, Ta만으로 형성되는 흡수체막(위상 시프트막)의 박막화는 60nm 가 한계이다. 보다 박막화를 행하기 위해서는, 예를 들면, 바이너리형 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막으로는, 소쇠(消衰) 계수  $k$ 가 높은(흡수 효과가 높은) 금속 재료를 이용할 수 있다. 파장 13.5nm에서의 소쇠 계수  $k$ 가 큰 금속 재료로는, 코발트(Co) 및 니켈(Ni)이 있다. 그러나, Co 박막 및 Ni 박막은, 패터닝 할 때의 에칭이 비교적 곤란한 것이 알려져 있다.

[0010] 또, Ta계 재료보다도  $k$ 가 큰 Cr을 포함하는 재료(Cr계 재료)의 흡수체막을 이용하는 것을 생각할 수 있다. 그러나, Cr계 재료의 에칭은, 염소 가스 및 산소 가스의 혼합 가스에 의해 에칭하기 때문에, Cr계 재료의 흡수체막의 패턴 형성을 위해서는, 레지스트막의 막 두께를 두껍게 하는 것이 필요해진다. 그 때문에, Cr계 재료의 흡수체막을 이용하는 경우에는, 레지스트막의 후막화(厚膜化)에 의해 미세한 패턴을 형성할 수 없다는 문제가 발생하게 된다.

[0011] 본 발명은, 상기의 점을 감안하여, 반사형 마스크의 새도잉 효과를 보다 저감하는 동시에, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있는 반사형 마스크 블랭크 및 이것에 의해 제작되는 반사형 마스크의 제공, 그리고 반도체 장치의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또, 본 발명은, EUV 광에서의 흡수체막의 반사율이 2% 이하인 반사형 마스크를 제조하기 위한 반사형 마스크 블랭크, 및 이것에 의해 제작되는 반사형 마스크의 제공, 그리고 반도체 장치의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0012] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.

[0013] (구성 1)

[0014] 본 발명의 구성 1은, 기판 상에, 다층 반사막, 흡수체막 및 에칭 마스크막을 이 순서로 갖는 반사형 마스크 블랭크로서,

[0015] 상기 흡수체막이, 버퍼층과, 버퍼층의 위에 설치된 흡수층을 갖고,

[0016] 상기 버퍼층이, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 버퍼층의 막 두께가 0.5nm 이상 25nm 이하이고,

[0017] 상기 흡수층이, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 버퍼층의 EUV 광에 대한 소쇠 계수보다도 흡수층의 소쇠 계수가 크고,

[0018] 상기 에칭 마스크막이, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 에칭 마스크막의 막 두께가 0.5nm 이상 14nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.

[0019] (구성 2)

[0020] 본 발명의 구성 2는, 상기 버퍼층의 재료가, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것을 특징으로 하는, 구성 1의 반사형 마스크 블랭크이다.

[0021] (구성 3)

[0022] 본 발명의 구성 3은, 상기 버퍼층의 재료가, 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하고, 상기 버퍼층의 막 두께가 25nm 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2의 반사형 마스크 블랭크이다.

[0023] (구성 4)

[0024] 본 발명의 구성 4는, 상기 버퍼층의 재료가, 탄탈(Ta) 및 산소(O)를 포함하고, 상기 버퍼층의 막 두께가 15nm 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2의 반사형 마스크 블랭크이다.

[0025] (구성 5)

[0026] 본 발명의 구성 5는, 상기 흡수층의 재료가, 크롬(Cr)과, 질소(N) 및 탄소(C)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 4 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.

[0027] (구성 6)

[0028] 본 발명의 구성 6은, 상기 흡수층의 재료가, 크롬(Cr) 및 질소(N)를 포함하고, 상기 흡수층의 막 두께가 25nm 이상 60nm 미만인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 5 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.

- [0029] (구성 7)
- [0030] 본 발명의 구성 7은, 상기 에칭 마스크막의 재료가, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 6 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0031] (구성 8)
- [0032] 본 발명의 구성 8은, 상기 에칭 마스크막의 재료가, 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하고, 산소(O)를 함유하지 않는 재료인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 6 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0033] (구성 9)
- [0034] 본 발명의 구성 9는, 상기 에칭 마스크막의 재료가, 규소(Si)와, 산소(O) 및 질소(N)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 6 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0035] (구성 10)
- [0036] 본 발명의 구성 10은, 상기 버퍼층의 재료가, 규소(Si)와, 산소(O) 및 질소(N)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것을 특징으로 하는 구성 9의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0037] (구성 11)
- [0038] 본 발명의 구성 11은, 상기 다층 반사막과 상기 흡수체막의 사이에, 보호막을 갖는 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 10 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0039] (구성 12)
- [0040] 본 발명의 구성 12는, 상기 에칭 마스크막의 위에 레지스트막을 갖는 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 11 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0041] (구성 13)
- [0042] 본 발명의 구성 13은, 구성 1 내지 12 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크에 있어서의 상기 흡수체막이 패터닝된 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크이다.
- [0043] (구성 14)
- [0044] 본 발명의 구성 14는, 구성 1 내지 12 중 어느 것의 반사형 마스크 블랭크의 상기 에칭 마스크막을, 불소계 가스를 포함하는 드라이 에칭에 의해 패터닝하고, 상기 흡수층을, 염소계 가스와 산소 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스에 의해 패터닝하며, 상기 버퍼층을, 염소계 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스에 의해 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법이다.
- [0045] (구성 15)
- [0046] 본 발명의 구성 15는, EUV 광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 구성 13의 반사형 마스크를 세트하고, 피전사 기관 상에 형성되어 있는 레지스트막에 전사 패턴을 전사하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법이다.
- [0047] 본 발명에 의하면, 반사형 마스크의 새도잉 효과를 보다 저감하는 동시에, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 제공할 수 있다. 또, 본 발명에 의하면, 흡수체막의 막 두께를 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있고, 또한 미세하고 고정밀도의 흡수체막을 형성한 반사형 마스크 및 그 제조 방법을 제공할 수 있다. 또한, 본 발명에 의하면, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.
- [0048] 또, 본 발명에 의하면, EUV 광에서의 흡수체막의 반사율이 2% 이하인 반사형 마스크를 제조하기 위한 반사형 마스크 블랭크, 및 이것에 의해 제작되는 반사형 마스크의 제공, 그리고 반도체 장치의 제조 방법을 제공할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0049] 도 1은 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 개략 구성을 설명하기 위한 주요부 단면 모식도이다.

도 2a에서 2e는, 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크를 제작하는 공정을 주요부 단면 모식도로 나타낸 공정도이다.

도 3은 CrN 흡수층의 막 두께를 d1, TaBN 버퍼층의 막 두께를 d2로 하고, 버퍼층의 막 두께 d2를 2~20nm의 범위에서 변화시켰을 때의, 막 두께 D(=d1+d2, nm)와, 흡수체막의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타내는 도면이다.

도 4는 CrN 흡수층의 막 두께를 d1, TaBN 버퍼층의 막 두께를 d2로 하고, 흡수체막의 막 두께 D(=d1+d2)를 47nm로 하여, TaBN 버퍼층의 막 두께 d2를 0~47nm까지 변화시켰을 때의, 흡수체막의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)을 나타내는 도면이다.

도 5는 CrN 흡수층의 막 두께를 d1, TaBO 버퍼층의 막 두께를 d2로 하고, 버퍼층의 막 두께 d2를 2~20nm의 범위에서 변화시켰을 때의, 흡수체막의 막 두께 D(=d1+d2, nm)와, 흡수체막의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타내는 도면이다.

도 6은 CrN 흡수층의 막 두께를 d1, TaBO 버퍼층의 막 두께를 d2로 하고, 흡수체막의 막 두께 D(=d1+d2)를 47nm로 하여, TaBO 버퍼층의 막 두께 d2를 0~47nm까지 변화시켰을 때의, 흡수체막의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)을 나타내는 도면이다.

도 7은 시뮬레이션에 의해 얻어진 흡수체막(흡수층/버퍼층)의 막 두께 D(=d1+d2)와, 흡수체막의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0050] 이하, 본 발명의 실시형태에 대해, 도면을 참조하면서 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 실시형태는, 본 발명을 구체화할 때의 일 형태로서, 본 발명을 그 범위 내로 한정하는 것은 아니다. 또한, 도면 중, 동일 또는 상당하는 부분에는 동일한 부호를 붙여 그 설명을 간략화 내지 생략하는 경우가 있다.

[0051] <반사형 마스크 블랭크(100)의 구성 및 그 제조 방법>

[0052] 도 1은, 본 발명의 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)의 구성을 설명하기 위한 주요부 단면 모식도이다. 동 도면에 나타나는 바와 같이, 반사형 마스크 블랭크(100)는, 기관(1)과, 제 1 주면(主面)(표면)측에 형성된 노광광인 EUV 광을 반사하는 다층 반사막(2)과, 당해 다층 반사막(2)을 보호하기 위해 설치되는 보호막(3)과, EUV 광을 흡수하는 흡수체막(4)과, 에칭 마스크막(6)을 갖고, 이들이 이 순서로 적층된다. 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에서는, 흡수체막(4)이, 버퍼층(42)과, 버퍼층(42)의 위에 설치된 흡수층(44)을 갖는다. 또, 기관(1)의 제 2 주면(이면)측에는, 정전 척용의 이면 도전막(5)이 형성된다.

[0053] 또, 상기 반사형 마스크 블랭크(100)는, 이면 도전막(5)이 형성되어 있지 않은 구성을 포함한다. 또한, 상기 반사형 마스크 블랭크(100)는, 에칭 마스크막(6)의 위에 레지스트막(11)을 형성한 레지스트막 부착 마스크 블랭크의 구성을 포함한다.

[0054] 본 명세서에 있어서, 예를 들면, 「기관(1)의 주표면의 위에 형성된 다층 반사막(2)」이란 기재는, 다층 반사막(2)이, 기관(1)의 표면에 접하여 배치되는 것을 의미하는 경우 외에, 기관(1)과 다층 반사막(2)의 사이에 다른 막을 갖는 것을 의미하는 경우도 포함한다. 다른 막에 대해서도 마찬가지이다. 또, 본 명세서에 있어서, 예를 들면 「막 A가 막 B의 위에 접하여 배치된다」란, 막 A와 막 B의 사이에 다른 막을 개재하지 않고, 막 A와 막 B가 직접 접하도록 배치되어 있는 것을 의미한다.

[0055] 이하, 반사형 마스크 블랭크(100)의 각 구성에 대해 구체적으로 설명을 한다.

[0056] <<기관(1)>>

[0057] 기관(1)은, EUV 광에 의한 노광 시의 열에 의한 흡수체 패턴(4a)의 왜곡을 방지하기 위해, 0±5ppb/℃의 범위 내의 저열팽창 계수를 갖는 것이 바람직하게 이용된다. 이 범위의 저열팽창 계수를 갖는 소재로는, 예를 들면, SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>계 유리, 다성분계 유리 세라믹스 등을 이용할 수 있다.

[0058] 기관(1)의 전사 패턴(후술의 흡수체막(4)을 패턴링한 것이 이것을 구성한다)이 형성되는 측의 제 1 주면은, 적어도 패턴 전사 정밀도, 위치 정밀도를 얻는 관점에서 고평탄도가 되도록 표면 가공되어 있다. EUV 노광의 경우, 기관(1)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면의 132mm×132mm의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1μm 이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 0.05μm 이하, 특히 바람직하게는 0.03μm 이하이다. 또, 흡수체막(4)이 형성

되는 측과 반대측의 제 2 주면은, 노광 장치에 세트할 때에 정전 적되는 면으로서, 142mm×142mm의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1 $\mu$ m 이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 0.05 $\mu$ m 이하, 특히 바람직하게는 0.03 $\mu$ m 이하이다.

[0059] 또, 기관(1)의 표면 평활도의 높이도 극히 중요한 항목이다. 전사용 흡수체 패턴(4a)이 형성되는 기관(1)의 제 1 주면의 표면 거칠기는, 제곱 평균 평방근 거칠기(RMS)로 0.1nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, 표면 평활도는, 원자간력 현미경으로 측정할 수 있다.

[0060] 또한, 기관(1)은, 그 위에 형성되는 막(다층 반사막(2) 등)의 막 응력에 의한 변형을 방지하기 위해, 높은 강성을 갖고 있는 것이 바람직하다. 특히, 65GPa 이상의 높은 영률을 갖고 있는 것이 바람직하다.

[0061] <<다층 반사막(2)>>

[0062] 다층 반사막(2)은, 반사형 마스크(200)에 있어서, EUV 광을 반사하는 기능을 부여하는 것이며, 굴절률이 다른 원소를 주성분으로 하는 각 층이 주기적으로 적층된 다층막의 구성으로 되어 있다.

[0063] 일반적으로는, 고굴절률 재료인 경원소(輕元素) 또는 그 화합물의 박막(고굴절률층)과, 저굴절률 재료인 중원소(中元素) 또는 그 화합물의 박막(저굴절률층)이 교대로 40에서 60 주기 정도 적층된 다층막이, 다층 반사막(2)으로서 이용된다. 다층막은, 기관(1)측으로부터 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순서로 적층한 고굴절률층/저굴절률층의 적층 구조를 1 주기로 하여 복수 주기 적층해도 된다. 또, 다층막은, 기관(1)측으로부터 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순서로 적층한 저굴절률층/고굴절률층의 적층 구조를 1 주기로 하여 복수 주기 적층해도 된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최표면의 층, 즉 다층 반사막(2)의 기관(1)과 반대측의 표면층은, 고굴절률층으로 하는 것이 바람직하다. 상술의 다층막에 있어서, 기관(1)측으로부터 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순서로 적층한 고굴절률층/저굴절률층의 적층 구조를 1 주기로 하여 복수 주기 적층하는 경우는 최상층이 저굴절률층이 된다. 이 경우, 저굴절률층이 다층 반사막(2)의 최표면을 구성하면 용이하게 산화되어 버려 반사형 마스크(200)의 반사율이 감소한다. 그 때문에, 최상층의 저굴절률층 상에 고굴절률층을 추가로 형성하여 다층 반사막(2)으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 상술의 다층막에 있어서, 기관(1)측으로부터 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순서로 적층한 저굴절률층/고굴절률층의 적층 구조를 1 주기로 하여 복수 주기 적층하는 경우는, 최상층이 고굴절률층이 되므로, 그대로여도 된다.

[0064] 본 실시형태에 있어서, 고굴절률층으로는, 규소(Si)를 포함하는 층이 채용된다. Si를 포함하는 재료로는, Si 단체(單體) 외에, Si에, 붕소(B), 탄소(C), 질소(N) 및 산소(O)를 포함하는 Si 화합물이어도 된다. Si를 포함하는 층을 고굴절률층으로서 사용함으로써, EUV 광의 반사율이 뛰어난 EUV 리소그래피용 반사형 마스크(200)가 얻어진다. 또, 본 실시형태에 있어서 기관(1)으로는 유리 기관이 바람직하게 이용된다. Si는 유리 기관과의 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 14nm의 EUV 광에 대한 다층 반사막(2)으로는, 바람직하게는 Mo 막과 Si 막을 교대로 40에서 60 주기 정도 적층한 Mo/Si 주기 적층막이 이용된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최상층인 고굴절률층을 규소(Si)로 형성하고, 당해 최상층(Si)과 Ru계 보호막(3)의 사이에, 규소와 산소를 포함하는 규소 산화물층을 형성하도록 해도 된다. 이것에 의해, 마스크 세정 내성을 향상시킬 수 있다.

[0065] 이와 같은 다층 반사막(2)의 단독에서의 반사율은 통상 65% 이상이며, 상한은 통상 73%이다. 또한, 다층 반사막(2)의 각 구성층의 두께 및 주기는, 노광 파장에 따라 적절히 선택하면 되고, 브래그 반사의 법칙을 만족하도록 선택된다. 다층 반사막(2)에 있어서 고굴절률층 및 저굴절률층은 각각 복수 존재한다. 고굴절률층끼리, 그리고 저굴절률층끼리의 두께가 동일하지 않아도 된다. 또, 다층 반사막(2)의 최표면의 Si 층의 막 두께는, 반사율을 저하시키지 않는 범위에서 조정할 수 있다. 최표면의 Si(고굴절률층)의 막 두께는, 3nm에서 10nm로 할 수 있다.

[0066] 다층 반사막(2)의 형성 방법은 당해 기술 분야에 있어서 공지이다. 예를 들면 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 다층 반사막(2)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 기관(1) 상에 성막하고, 그 후 Mo 타겟을 이용하여 두께 3nm 정도의 Mo 막을 성막하고, 이것을 1 주기로 하여, 40에서 60 주기 적층해, 다층 반사막(2)을 형성한다(최표면의 층은 Si 층으로 한다). 또, 다층 반사막(2)의 성막 시에, 이온원(源)으로부터 크립톤(Kr) 이온 입자를 공급하여, 이온 빔 스퍼터링을 행함으로써 다층 반사막(2)을 형성하는 것이 바람직하다.

[0067] <<보호막(3)>>

- [0068] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 다층 반사막(2)과 흡수체막(4)의 사이에, 보호막(3)을 갖는 것이 바람직하다. 다층 반사막(2) 상에 보호막(3)이 형성되어 있음으로써, 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여 반사형 마스크(200)(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막(2) 표면의 대미지를 억제할 수 있기 때문에, EUV 광에 대한 반사율 특성이 양호해진다.
- [0069] 보호막(3)은, 후술하는 반사형 마스크(200)의 제조 공정에 있어서의 드라이 에칭 및 세정으로부터 다층 반사막(2)을 보호하기 위해, 다층 반사막(2)의 위에 형성된다. 또, 전자선(EB)을 이용한 흡수체 패턴(4a)의 흑결함 수정 시의 다층 반사막(2)의 보호도 겸비한다. 보호막(3)은, 에천트 및 세정액 등에 대하여 내성을 갖는 재료로 형성된다. 여기에서, 도 1에서는 보호막(3)이 1층인 경우를 나타내고 있지만, 3층 이상의 적층 구조로 할 수도 있다. 예를 들면, 최하층과 최상층을, 상기 Ru를 함유하는 물질로 이루어지는 층으로 하고, 최하층과 최상층의 사이에, Ru 이외의 금속, 또는 합금을 개재시킨 보호막(3)으로 해도 상관없다. 예를 들면, 보호막(3)은, 루테튬을 주성분으로서 포함하는 재료에 의해 구성될 수도 있다. 즉, 보호막(3)의 재료는, Ru 금속 단체여도 되고, Ru에 티탄(Ti), 니오브(Nb), 몰리브덴(Mo), 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 붕소(B), 란타(La), 코발트(Co) 및 레늄(Re) 등으로부터 선택되는 적어도 1종의 금속을 함유한 Ru 합금이어도 되며, 질소를 포함하고 있어도 상관없다. 이와 같은 보호막(3)은, 특히, 흡수체막(4) 중의 버퍼층(42)을, 염소계 가스(C1계 가스)의 드라이 에칭으로 패터닝하는 경우에 유효하다. 보호막(3)은, 염소계 가스를 이용한 드라이 에칭에 있어서의 보호막(3)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비(흡수체막(4)의 에칭 속도/보호막(3)의 에칭 속도)가 1.5 이상, 바람직하게는 3 이상이 되는 재료로 형성되는 것이 바람직하다.
- [0070] 이 Ru 합금의 Ru 함유량은 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 함유량이 95 원자% 이상 100 원자% 미만인 경우에는, 보호막(3)으로의 다층 반사막(2) 구성 원소(규소)의 확산을 억제하면서, EUV 광의 반사율을 충분히 확보할 수 있다. 또한, 이 보호막(3)의 경우는, 마스크 세정 내성, 흡수체막(4)(구체적으로는, 버퍼층(42))을 에칭 가공했을 때의 에칭 스톱퍼 기능, 및 다층 반사막(2)의 경시(經時) 변화 방지의 보호막 기능을 겸비하는 것이 가능해진다.
- [0071] EUV 리소그래피에서는, 노광광에 대하여 투명한 물질이 적기 때문에, 마스크 패턴면의 이물 부착을 방지하는 EUV 펠리클이 기술적으로 간단하지는 않다. 이 점에서, 펠리클을 이용하지 않는 펠리클레스 운용이 주류로 되어 있다. 또, EUV 리소그래피에서는, EUV 노광에 의해 마스크에 카본막이 퇴적하거나, 산화막이 성장하거나 하는 노광 컨테미네이션이 일어난다. 그 때문에, EUV 반사형 마스크(200)를 반도체 장치의 제조에 사용하고 있는 단계에서, 자주 세정을 행하여 마스크 상의 이물이나 컨테미네이션을 제거할 필요가 있다. 이 때문에, EUV 반사형 마스크(200)에서는, 광 리소그래피용의 투과형 마스크에 비해 현격한 차이의 마스크 세정 내성이 요구되고 있다. Ti를 함유한 Ru계 보호막(3)을 이용하면, 황산, 황산과수(SPM), 암모니아, 암모니아과수(APM), OH 라디칼 세정수, 또는 농도가 10ppm 이하인 오존수 등의 세정액에 대한 세정 내성이 특히 높고, 마스크 세정 내성의 요구를 만족시키는 것이 가능해진다.
- [0072] 이와 같은 Ru 또는 그 합금 등에 의해 구성되는 보호막(3)의 두께는, 그 보호막(3)으로서의 기능을 다할 수 있는 한 특별히 제한되지 않는다. EUV 광의 반사율의 관점에서, 보호막(3)의 두께는, 바람직하게는 1.0nm에서 8.0nm, 보다 바람직하게는 1.5nm에서 6.0nm이다.
- [0073] 보호막(3)의 형성 방법으로는, 공지의 막 형성 방법과 마찬가지로 특별히 제한없이 채용할 수 있다. 구체 예로는, 스퍼터링법 및 이온 빔 스퍼터링법을 들 수 있다.
- [0074] <<흡수체막(4)>>
- [0075] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에서는, 다층 반사막(2) 또는 보호막(3)의 위에, EUV 광을 흡수하는 흡수체막(4)이 형성된다. 흡수체막(4)은, EUV 광을 흡수하는 기능을 갖는다. 본 실시형태의 흡수체막(4)은, 버퍼층(42)과, 버퍼층(42)의 위(기판(1)과는 반대측)에 설치된 흡수층(44)을 갖는다. 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 버퍼층(42) 및 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 흡수층(44)을 포함하는 흡수체막(4), 그리고 후술하는 소정의 재료의 에칭 마스크막(6)을 포함함으로써, 레지스트막(11) 및 흡수체막(4)의 박막화가 가능해진다.
- [0076] 후술하는 바와 같이, 본 실시형태의 흡수체막(4) 중, 흡수층(44)은, Cr을 함유하는 재료로 이루어진다. Cr을 함유하는 박막이, Ru를 주재료로 하는 보호막(3)의 표면에 접하여 배치되는 경우, 흡수층(44)과 보호막(3)의 에칭 선택비가 높지 않다는 문제가 발생한다. 그 때문에, 본 실시형태의 흡수체막(4)에서는, 흡수층(44)과 보호

막(3)의 사이에, 소정의 재료의 버퍼층(42)을 배치하는 것으로 했다.

- [0077] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)의 흡수체막(4)을 구성하는 버퍼층(42) 및 흡수층(44)의 막 두께를 얻기 위해, 도 3~6에 나타내는 것과 같은 시물레이션을 행하였다. EUV 광에서의 흡수체막(4)의 반사율이 2% 이하이면, 반도체 장치의 리소그래피를 위한 반사형 마스크(200)로서 이용할 수 있다.
- [0078] 도 3~6에 나타내는 시물레이션에 이용한 구조는, 기관(1) 상에 Mo/Si 주기 막의 다층 반사막(2), 및 루테튬을 재료로 하는 보호막(3)(막 두께: 3.5nm)이 형성되고, 추가로 그 위에 버퍼층(42)(막 두께: d2) 및 흡수층(44)(막 두께: d1)을 형성한 구조이다. Mo/Si 주기 막의 다층 반사막(2)은, Si 층의 막 두께를 4.2nm, Mo 층의 막 두께를 2.8nm로 하여, 기관(1) 위에 단층의 Si 층 및 단층의 Mo 층을 1 주기로 하여 40 주기 적층하고, 최상층으로서 막 두께가 4.0nm인 Si 층을 배치한 구조로 했다. 또, 흡수체막(4)(흡수층(44)/버퍼층(42))의 막 두께를  $D(=d1+d2)$ 로 했다. 또한, 본 구조는, 반사형 마스크(200)를 제조했을 때의, 흡수체막(4)의 반사율과, 버퍼층(42) 및 흡수층(44)의 막 두께와의 관계를 고찰하는 것이므로, 에칭 마스크막(6)은 배치되지 않는 구조로 했다. 반사형 마스크(200)를 제조할 때에는, 에칭 마스크막(6)은 최종적으로 제거되기 때문이다.
- [0079] 도 3에, 흡수층(44)(재료: CrN)의 막 두께를 d1, 버퍼층(42)(재료: TaBN)의 막 두께를 d2로 하고, 버퍼층(42)의 막 두께 d2를 2~20nm의 범위에서 변화시켰을 때의, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(=d1+d2, \text{nm})$ 와, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타낸다. 도 3에 나타내는 바와 같이, 막 두께 D에 수반하는 EUV 광의 간섭 때문에, 반사율은, 막 두께 D의 변화에 대하여 진동적인 거동을 나타낸다. 또, 도 3으로부터 분명한 바와 같이, CrN의 흡수층(44) 및 TaBN의 버퍼층(42)을 갖는 흡수체막(4)의 경우에는, 흡수체막(4)이 47nm 부근이 되었을 때에 EUV 광의 반사율이 2% 이하가 되는 극소치, 55nm 부근이 되었을 때에 반사율이 1% 이하가 되는 극소치를 취하는 것을 이해할 수 있다. 또한, 도 3에 이용한 구조의 경우에는, 2% 이하의 EUV 광의 반사율을 얻기 위해, 흡수체막(4)의 막 두께 D는, 적어도 46nm 정도 이상 필요한 것을 이해할 수 있다.
- [0080] 도 3에 있어서, 흡수체막(4)이 47nm 부근이 되었을 때 반사율이 2% 이하가 되는 극소치를 취하는 점에서, 추가로 흡수체막(4)의 막 두께가 47nm인 경우에 대해서 고찰한다. 도 4는, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(=d1+d2)$ 를 47nm로 하고, 버퍼층(42)(재료: TaBN)의 막 두께 d2를 0~47nm까지 변화시켰을 때의, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)을 나타낸다. 또한, 버퍼층(42)의 막 두께 d2의 변화에 수반하여, 흡수층(44)(재료: CrN)의 막 두께 d1은, 47~0nm까지 변화하게 된다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(=d1+d2)$ 를 47nm로 한 경우, 버퍼층(42)(재료: TaBN)의 막 두께 d2가 0~24nm 부근(대체로 막 두께 d2가 0~25nm 부근)까지의 범위에서 EUV 광의 반사율이 2% 이하가 되는 것을 이해할 수 있다. 따라서, TaBN의 버퍼층(42)의 막 두께 d2가 25nm 이하이면, EUV 광의 반사율이 2% 이하라는 요구를 만족시킬 수 있다.
- [0081] 도 5에, 버퍼층(42)의 재료를 TaBO로 한 것 외에는, 도 3의 경우와 마찬가지로, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(\text{nm})$ 와, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타낸다. 즉, 도 5에, 흡수층(44)(재료: CrN)의 막 두께를 d1, 버퍼층(42)(재료: TaBO)의 막 두께를 d2로 하고, 버퍼층(42)의 막 두께 d2를 2~20nm의 범위에서 변화시켰을 때의, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(=d1+d2, \text{nm})$ 와, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타낸다. 도 3과 마찬가지로, 도 5에서는, 막 두께 D에 수반하는 EUV 광의 간섭 때문에, 반사율은, 막 두께 D의 변화에 대하여 진동적인 거동을 나타낸다. 또, 도 5로부터 분명한 바와 같이, CrN의 흡수층(44) 및 TaBO의 버퍼층(42)을 갖는 흡수체막(4)의 경우에는, 흡수체막(4)이 47nm 부근이 되었을 때에 EUV 광의 반사율이 2% 이하가 되는 극소치, 55nm 부근이 되었을 때에 반사율이 1% 이하가 되는 극소치를 취하는 것을 이해할 수 있다. 또한, 도 5에 이용한 구조의 경우에는, 2% 이하의 EUV 광의 반사율을 얻기 위해, TaBO 버퍼층의 막 두께가 10nm 이하일 때에, 흡수체막(4)의 막 두께 D는, 적어도 46nm 정도 이상 필요한 것을 이해할 수 있다.
- [0082] 도 5에 있어서, 흡수체막(4)이 47nm 부근이 되었을 때에 반사율이 2% 이하가 되는 극소치를 취하는 점에서, 도 4의 경우와 마찬가지로, 추가로 흡수체막(4)의 막 두께가 47nm인 경우에 대해서 고찰한다. 도 4의 경우와 마찬가지로, 도 6은, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(=d1+d2)$ 를 47nm로 하고, 버퍼층(42)(재료: TaBO)의 막 두께 d2를 0~47nm까지 변화시켰을 때의, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)을 나타낸다. 또한, 버퍼층(42)의 막 두께 d2의 변화에 수반하여, 흡수층(44)(재료: CrN)의 막 두께 d1은, 47~0nm까지 변화하게 된다. 도 6에 나타내는 바와 같이, 흡수체막(4)의 막 두께  $D(=d1+d2)$ 를 47nm로 한 경우, 버퍼층(42)(재료: TaBO)의 막 두께 d2가 0~14nm 부근(대체로 0~15nm 부근)까지의 범위에서 EUV 광의 반사율이 2% 이하가 되는 것을 이해할 수 있다. 따라서, TaBO의 버퍼층(42)의 막 두께 d2가 15nm 이하이면, EUV 광의 반사율이 2% 이하라는 요구를 만족시킬 수 있다.

- [0083] 도 7에, 시플레이션에 의해 얻어진 흡수체막(4)(흡수층(44)/버퍼층(42))의 막 두께  $D(=d1+d2)$ 와, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타낸다. 시플레이션에 이용한 구조는, 기판(1) 상에 Mo/Si 주기 막의 다층 반사막(2), 및 루테튬을 재료로 하는 보호막(3)(3.5nm)이 형성되고, 추가로 그 위에 버퍼층(42)(막 두께:  $d2 = 2\text{nm}$ ) 및 흡수층(44)(막 두께:  $d1$ )을 형성한 구조이다. 또한, Mo/Si 주기 막의 다층 반사막(2)은, 상술의 도 3~6의 시플레이션과 마찬가지로 구조로 했다. 버퍼층(42)의 재료는, TaBN 및 TaBO로 했다. 참고를 위해, 버퍼층(42)을 갖지 않는, 종래의 구조인 TaBN 막 단층의 흡수체막(4)의 막 두께  $D$ 와, 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV 광의 반사율(%)과의 관계를 나타낸다. 도 7로부터, CrN 흡수층(44)을 갖는 흡수체막(4)(흡수층(44)/버퍼층(42))의 경우에는, 종래의 TaBN 막 단층의 흡수체막(4)과 비교하여, EUV 광의 반사율(%)이 크게 저하되어 있는 것을 알아차릴 수 있다. 따라서, 본 실시형태의 흡수체막(4)을 이용함으로써, 종래보다 얇은 흡수체막(4)인 경우라도 2% 이하의 반사율을 달성할 수 있는 것을 이해할 수 있다.
- [0084] 또, 버퍼층(42)으로서 기능을 갖기 위해서는, 버퍼층(42)의 막 두께가 0.5nm 이상일 필요가 있다. 따라서, 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에 있어서, 버퍼층(42)이, 탄탈(Ta)을 함유하는 재료로 이루어지는 경우에는, 2% 이하의 반사율을 달성하기 위해, 버퍼층(42)의 막 두께를 0.5nm 이상 25nm 이하로 하는 것이 필요하다고 할 수 있다.
- [0085] 이상의 시플레이션의 결과로부터, 버퍼층(42)의 재료로서 TaBN 및 TaBO를 이용한 경우에, 소정의 막 두께의 범위이면, 종래보다 얇은 흡수체막(4)인 경우라도 2% 이하의 반사율을 달성할 수 있는 것에 대해서 설명했다. 마찬가지로의 시플레이션을, 버퍼층(42)의 재료로서 규소(Si)를 함유하는 재료를 이용한 경우에 대해서 행하여, 마찬가지로의 결과를 얻었다.
- [0086] 즉, 상술과 마찬가지로의 시플레이션에 의해, 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에 있어서, 버퍼층(42)이, 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 경우에도, 2% 이하의 반사율을 달성하기 위해, 버퍼층(42)의 막 두께를 0.5nm 이상 17nm 이하로 하는 것이 필요하다는 결과를 얻었다. 또, 버퍼층(42)이, 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 경우에도, 2% 이하의 EUV 광의 반사율을 얻기 위해, 흡수체막(4)의 막 두께  $D$ 는, 적어도 46nm 정도 이상 필요하다는 결과를 얻었다.
- [0087] 다음으로, 버퍼층(42)이 탄탈(Ta)을 함유하는 재료로 이루어지는 경우에 대해서, 더 설명한다.
- [0088] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 버퍼층(42)의 재료가, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 및 수소(H)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것이 바람직하다. 또, 버퍼층(42)의 재료는, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N), 붕소(B) 및 수소(H)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것이 보다 바람직하다. 상술의 시플레이션 결과로부터 분명한 바와 같이, 버퍼층(42)의 재료를, 소정의 탄탈(Ta)계 재료로 함으로써, 종래보다 얇은 흡수체막(4)인 경우라도 2% 이하의 반사율을 달성할 수 있다.
- [0089] 또, 버퍼층(42)의 재료가 소정의 탄탈(Ta)을 포함하는 재료인 것에 의해, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 흡수층(44)의 에칭 시에, 버퍼층(42)의 에칭이 실질적으로 이루어지지 않는 에칭 가스를 선택할 수 있다.
- [0090] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 버퍼층(42)의 재료가, 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하고, 버퍼층(42)의 막 두께가 25nm 이하인 것이 바람직하다. 또, 도 4에 나타내는 바와 같이, 버퍼층(42)의 막 두께가 얇은 편이, EUV 광 반사율을 보다 낮출 수 있는 동시에, 막 두께에 대한 진동을 줄일 수 있다. 그 때문에, 버퍼층(42)의 막 두께는, 15nm 이하가 보다 바람직하고, 10nm 이하가 더욱 바람직하며, 4nm 미만이 특히 바람직하다. 또한, 버퍼층(42)의 재료는, 탄탈(Ta) 및 질소(N)를 포함하고, 붕소(B)를 포함하지 않도록 해도 된다. 또, 버퍼층(42)의 재료는, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하고, 질소(N)를 포함하지 않도록 해도 된다. 버퍼층(42)의 재료를 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료로 함으로써, 흡수층(44)이 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 층인 경우라도, 보호막(3)과 흡수층(44) 사이의 에칭 선택비에 관한 문제를 회피하여, 적절한 에칭 가스를 선택할 수 있다. 또, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 수 있으므로, 반사형 마스크(200)의 새도잉 효과를 보다 저감할 수 있다.
- [0091] 버퍼층(42) 중의 탄탈 함유량은, 50 원자% 이상인 것이 바람직하고, 70 원자% 이상인 것이 보다 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 탄탈 함유량은, 95 원자% 이하인 것이 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 질소와 붕소의 합계 함유량은, 50 원자% 이하인 것이 바람직하고, 30 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 질소와 붕소의 합계 함유량은, 5 원자% 이상인 것이 바람직하다. 질소의 함유량은 붕소의 함유량보다도 적은 편이 바람직하다. 질소의 함유량이 적은 편이 염소 가스에서의 에칭 레이트가 빨라져, 버퍼층(42)을 제거하기 쉽기 때문이다. 버퍼층(42) 중의 수소 함유량은, 0.1 원자% 이상인 것이 바람직하고, 5 원자% 이하인 것이 바람직하다.

며, 3 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다.

- [0092] 탄탈(Ta)과, 질소(N) 및 붕소(B)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 함유하는 재료로 이루어지는 본 실시형태의 버퍼층(42)은, 불소계 가스 또는 산소를 포함하지 않는 염소계 가스에 의해 에칭할 수 있다.
- [0093] 불소계 가스로는, CF<sub>4</sub>, CHF<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>3</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>6</sub>, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, CH<sub>2</sub>F<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>F, C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>, SF<sub>6</sub> 및 F<sub>2</sub> 등을 이용할 수 있다. 염소계 가스로는, Cl<sub>2</sub>, SiCl<sub>4</sub>, CHCl<sub>3</sub>, CCl<sub>4</sub> 및 BCl<sub>3</sub> 등을 이용할 수 있다. 또, 이들 에칭 가스는, 필요에 따라서, 추가로, He 및/또는 Ar 등의 불활성 가스를 포함할 수 있다.
- [0094] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 버퍼층(42)의 재료가, 탄탈(Ta) 및 산소(O)를 포함하고, 버퍼층(42)의 막 두께가 15nm 이하인 것이 바람직하다. 또, 도 6에 나타내는 바와 같이, 버퍼층(42)의 막 두께가 얇은 편이, EUV 광 반사율을 보다 낮출 수 있는 동시에, 막 두께에 대한 진동을 줄일 수 있기 때문에, 버퍼층(42)의 막 두께는, 10nm 이하가 보다 바람직하고, 4nm 미만이 더욱 바람직하다. 또한, 버퍼층(42)의 재료는, 탄탈(Ta) 및 산소(O) 외에, 붕소(B) 및/또는 수소(H)를 포함할 수 있다. 버퍼층(42)의 재료를 탄탈(Ta) 및 산소(O)를 포함하는 재료로 함으로써, 흡수층(44)이 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 층인 경우라도, 보호막(3)과 흡수층(44) 사이의 에칭 선택비에 관한 문제를 회피하여, 적절한 에칭 가스를 선택할 수 있다. 또, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 수 있으므로, 반사형 마스크(200)의 새도잉 효과를 보다 저감할 수 있다.
- [0095] 버퍼층(42) 중의 탄탈 함유량은, 50 원자% 이상인 것이 바람직하고, 70 원자% 이상인 것이 보다 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 탄탈 함유량은, 95 원자% 이하인 것이 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 산소 함유량은, 70 원자% 이하인 것이 바람직하고, 60 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 질소 함유량은, 에칭 용이성의 관점에서 10 원자% 이상인 것이 바람직하다. 버퍼층(42) 중의 수소 함유량은, 0.1 원자% 이상인 것이 바람직하고, 5 원자% 이하인 것이 바람직하며, 3 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0096] 탄탈(Ta) 및 산소(O)를 함유하는 재료로 이루어지는 본 실시형태의 버퍼층(42)은, 상술의 불소계 가스에 의해 에칭할 수 있다.
- [0097] 다음으로, 버퍼층(42)이 규소를 함유하는 재료로 이루어지는 경우에 대해서 설명한다.
- [0098] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 버퍼층(42)의 재료가, 규소, 규소 화합물, 규소 및 금속을 포함하는 금속 규소, 또는 규소 화합물 및 금속을 포함하는 금속 규소 화합물의 재료이며, 규소 화합물의 재료가, 규소와, 산소(O), 질소(N), 탄소(C) 및 수소(H)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 것이 바람직하다. 또, 에칭 마스크막(6)의 재료 중 규소 화합물의 재료가, 규소와, 산소(O) 및 질소(N)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 것이 보다 바람직하다.
- [0099] 규소를 포함하는 재료로서, 구체적으로는, SiO, SiN, SiON, SiC, SiCO, SiCN, SiCON, MoSi, MoSiO, MoSiN 및 MoSiON 등을 들 수 있다. 규소를 포함하는 재료로서, SiO, SiN 또는 SiON을 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 재료는, 본 발명의 효과가 얻어지는 범위에서, 규소 이외의 반금속 또는 금속을 함유할 수 있다. 또, 금속 규소 화합물로는, 몰리브덴 실리사이드를 이용할 수 있다.
- [0100] 상술의 탄탈계 재료의 버퍼층(42)의 경우와 마찬가지로, 버퍼층(42)이 규소계의 재료인 경우에도, 보호막(3)과 흡수층(44) 사이의 에칭 선택비에 관한 문제를 회피하여, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 수 있다. 그 때문에, 반사형 마스크(200)의 새도잉 효과를 보다 저감할 수 있다.
- [0101] 버퍼층(42)은, 후술하는 에칭 마스크막(6)과 동일한 재료로 형성하는 것이 바람직하다. 이 결과, 버퍼층(42)을 패터닝했을 때에 에칭 마스크막(6)을 동시에 제거할 수 있다. 또, 버퍼층(42)과 에칭 마스크막(6)을 동일한 재료로 형성하고, 조성비를 서로 다르게 해도 된다. 또, 버퍼층(42)은 탄탈을 함유하는 재료로 형성하고, 에칭 마스크막(6)은 규소를 함유하는 재료로 형성해도 된다. 또, 버퍼층(42)은 규소를 함유하는 재료로 형성하고, 에칭 마스크막(6)은 탄탈을 함유하는 재료로 형성해도 된다.
- [0102] 버퍼층(42)의 막 두께는, 흡수체막(4)의 에칭 시에 보호막(3)에 대미지를 주어 광학 특성이 바뀌는 것을 억제하는 관점에서, 0.5nm 이상이고, 바람직하게는 1nm 이상이며, 보다 바람직하게는 2nm 이상이다. 또, 버퍼층(42)의 막 두께는, 흡수체막(4)과 버퍼층(42)의 합계 막 두께를 얇게 하는, 즉 흡수체 패턴(4a)의 높이를 낮추는 관점에서, 25nm 이하인 것이 바람직하고, 15nm 이하가 보다 바람직하며, 10nm 이하가 더욱 바람직하고, 4nm 미만인 것이 특히 바람직하다.
- [0103] 또, 버퍼층(42)의 소외 계수는, 0.01 이상 0.035 미만으로 할 수 있다.

- [0104] 또, 버퍼층(42) 및 에칭 마스크막(6)을 동시에 에칭하는 경우에는, 버퍼층(42)의 막 두께는, 에칭 마스크막(6)의 막 두께와 동일한 것, 또는 에칭 마스크막(6)의 막 두께보다 얇은 것이 바람직하다. 또한, (버퍼층(42)의 막 두께) ≤ (에칭 마스크막(6)의 막 두께)의 경우에는, (버퍼층(42)의 에칭 속도) ≤ (에칭 마스크막(6)의 에칭 속도)의 관계를 만족시키는 것이 바람직하다.
- [0105] 규소를 함유하는 재료로 이루어지는 버퍼층(42)은, 불소계 가스에 의해 에칭할 수 있다.
- [0106] 다음으로, 본 실시형태의 흡수체막(4)에 포함되는 흡수층(44)에 대해서 설명한다.
- [0107] 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에서는, EUV 광의 흡수를, 주로 흡수층(44)에서 행한다. 그 때문에, 흡수층(44)의 재료는, 소외 계수가 비교적 큰 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어진다. 그 때문에, 흡수층(44)의 재료는, 버퍼층(42)보다도 EUV 광에 대한 소외 계수가 크다. 흡수층(44)의 소외 계수는, 0.035 이상이 바람직하다.
- [0108] 흡수층(44)의 재료는, 크롬(Cr)과, 질소(N) 및 탄소(C)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것이 바람직하다. 또한, 흡수층(44)의 재료는, 소외 계수 k에 대해 악영향을 주지 않는 범위에서, 크롬(Cr), 질소(N) 및 탄소(C) 이외의 성분, 예를 들면 산소(O) 및/또는 수소(H) 등을 포함할 수 있다. 소외 계수 k가 큰 크롬(Cr)을 포함하는 소정의 재료로 흡수층(44)을 형성함으로써, 탄탈(Ta)을 포함하는 재료보다도 소외 계수 k가 큰 흡수층(44)을 얻을 수 있다. 그 때문에, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 수 있으므로, 반사형 마스크(200)의 새도잉 효과를 보다 저감할 수 있다.
- [0109] 흡수층(44)의 재료는, 크롬(Cr)과, 질소(N) 및 탄소(C)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 크롬 화합물이다. 크롬 화합물로는, 예를 들면, CrN, CrC, CrON, CrCO, CrCN, CrCON, CrBN, CrBC, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다. 흡수층(44)의 소외 계수를 크게 하기 위해서는, 산소를 포함하지 않는 재료로 하는 것이 바람직하다. 이 경우, 염소계 가스에 대한 에칭 선택비를 올리는 것도 가능하다. 산소를 포함하지 않는 크롬 화합물로서, 예를 들면 CrN, CrC, CrCN, CrBN, CrBC 및 CrBCN 등을 들 수 있다. 크롬 화합물의 Cr 함유량은, 50 원자% 이상 100 원자% 미만인 것이 바람직하고, 80 원자% 이상 100 원자% 미만인 것이 보다 바람직하다. 크롬 화합물의 질소(N) 함유량은, 5 원자% 이상이 바람직하고, 20 원자% 이하가 바람직하며, 15 원자% 이하가 보다 바람직하다. 또, 본 명세서에 있어서, 「산소를 포함하지 않는다」란, 크롬 화합물에 있어서의 산소의 함유량이 10 원자% 이하, 바람직하게는 5 원자% 이하인 것이 해당된다. 또한, 재료는, 본 발명의 효과가 얻어지는 범위에서, 크롬 이외의 금속을 함유할 수 있다.
- [0110] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에서는, 흡수층(44)의 재료가, 크롬(Cr) 및 질소(N)를 포함하고, 흡수층(44)의 막 두께가 25nm 이상 60nm 미만인 것이 바람직하다. 또, 흡수층(44)의 막 두께의 상한은, 50nm 미만인 것이 보다 바람직하다. 또, 흡수층(44)의 막 두께의 하한은, 35nm 이상인 것이 보다 바람직하고, 45nm 이상인 것이 더욱 바람직하다. 흡수층(44)의 재료를 크롬(Cr) 및 질소(N)를 포함하는 재료로 함으로써, 흡수층(44)의 막 두께를 상기의 막 두께로 할 수 있으므로, 흡수체막(4)의 막 두께를 종래보다 얇게 할 수 있다. 그 때문에, 반사형 마스크(200)의 새도잉 효과를 보다 저감할 수 있다.
- [0111] 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 본 실시형태의 흡수층(44)은, 상술의 염소계 가스 및 산소 가스의 혼합 가스에 의해 에칭할 수 있다.
- [0112] EUV 광의 흡수를 목적으로 한 흡수체막(4)의 경우, 흡수체막(4)에 대한 EUV 광의 반사율이 2% 이하, 바람직하게는 1% 이하가 되도록 막 두께가 설정된다. 또, 새도잉 효과를 억제하기 위해, 흡수체막(4)의 막 두께는, 60nm 미만, 바람직하게는 50nm 이하로 하는 것이 요구된다.
- [0113] 또, 흡수체막(4)(흡수층(44))의 표면에는, 산화층을 형성해도 된다. 흡수체막(4)(흡수층(44))의 표면에 산화층을 형성함으로써, 얻어지는 반사형 마스크(200)의 흡수체 패턴(4a)의 세정 내성을 향상시킬 수 있다. 산화층의 두께는, 1.0nm 이상이 바람직하고, 1.5nm 이상이 보다 바람직하다. 또, 산화층의 두께는, 5nm 이하가 바람직하고, 3nm 이하가 보다 바람직하다. 산화층의 두께가 1.0nm 미만인 경우에는 너무 얇아서 효과를 기대할 수 없고, 5nm를 넘으면 마스크 검사광에 대한 표면 반사율에 주는 영향이 커져서, 소정의 표면 반사율을 얻기 위한 제어가 어려워진다.
- [0114] 산화층의 형성 방법은, 흡수체막(4)(흡수층(44))이 성막된 후의 마스크 블랭크에 대하여, 온수 처리, 오존수 처리, 산소를 함유하는 기체 중에서의 가열 처리, 산소를 함유하는 기체 중에서의 자외선 조사 처리 및 O<sub>2</sub> 플라즈마 처리 등을 행하는 것 등을 들 수 있다. 또, 흡수체막(4)(흡수층(44))을 성막 후에 흡수체막(4)(흡수층(4

4))의 표면이 대기에 노출되는 경우, 표층에 자연 산화에 의한 산화층이 형성되는 경우가 있다. 특히, 경우에 따라서는, 막 두께가 1~2nm인 산화층이 형성된다.

- [0115] <<에칭 마스크막(6)>>
- [0116] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)의 에칭 마스크막(6)은, 탄탈(Ta) 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어진다. 또, 에칭 마스크막(6)의 막 두께는 0.5nm 이상 14nm 이하이다.
- [0117] 적절한 에칭 마스크막(6)을 가짐으로써, 반사형 마스크(200)의 새도잉 효과를 보다 저감하는 동시에, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있는 반사형 마스크 블랭크(100)를 얻을 수 있다.
- [0118] 도 1에 나타내는 바와 같이, 에칭 마스크막(6)은, 흡수체막(4)의 위에 형성된다. 에칭 마스크막(6)의 재료로는, 에칭 마스크막(6)에 대한 흡수층(44)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 B와의 에칭 레이트의 비를 말한다. 구체적으로는 「A에 대한 B의 에칭 선택비=B의 에칭 속도/A의 에칭 속도」의 식에 의해 특정된다. 또, 「선택비가 높다」란, 비교 대상에 대하여, 상기 정의의 선택비의 값이 큰 것을 말한다. 에칭 마스크막(6)에 대한 흡수층(44)의 에칭 선택비는, 1.5 이상이 바람직하고, 3 이상이 더욱 바람직하다.
- [0119] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 에칭 마스크막(6)의 재료가, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 및 수소(H)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것이 바람직하다. 또, 에칭 마스크막(6)의 재료는, 탄탈(Ta)과, 산소(O), 질소(N), 붕소(B) 및 수소(H)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6)의 재료가, 탄탈(Ta)을 포함하는 소정의 재료인 것에 의해, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 흡수층(44)의 에칭 가스에 대하여 내성이 있는 에칭 마스크막(6)을 형성할 수 있다.
- [0120] 에칭 마스크막(6) 중의 탄탈 함유량은, 50 원자% 이상인 것이 바람직하고, 70 원자% 이상인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 탄탈 함유량은, 95 원자% 이하인 것이 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 산소 함유량은, 70 원자% 이하인 것이 바람직하고, 60 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 질소 함유량은, 에칭 용이성의 관점에서 10 원자% 이상인 것이 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 수소 함유량은, 0.1 원자% 이상인 것이 바람직하고, 5 원자% 이하인 것이 바람직하며, 3 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0121] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 에칭 마스크막(6)의 재료가, 탄탈(Ta)과, 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 및 수소(H)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하고, 산소(O)를 함유하지 않는 재료인 것이 바람직하다. 또, 에칭 마스크막(6)의 재료는, 탄탈(Ta)과, 질소(N), 붕소(B) 및 수소(H)로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하고, 산소(O)를 함유하지 않는 재료인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6)의 재료가, 탄탈(Ta)을 포함하고, 산소(O)를 함유하지 않는 소정의 재료인 것에 의해, 보다 품질이 안정된 에칭 마스크막(6)을 얻을 수 있다. 또한, 본 명세서에 있어서, 「산소를 포함하지 않는다」란, 탄탈 화합물에 있어서의 산소의 함유량이 10 원자% 이하, 바람직하게는 5 원자% 이하인 것이 해당된다.
- [0122] 에칭 마스크막(6) 중의 탄탈 함유량은, 50 원자% 이상인 것이 바람직하고, 70 원자% 이상인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 탄탈 함유량은, 95 원자% 이하인 것이 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 질소와 붕소의 합계 함유량은, 50 원자% 이하인 것이 바람직하고, 30 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6) 중의 질소와 붕소의 합계 함유량은, 5 원자% 이상인 것이 바람직하다. 질소의 함유량은 붕소의 함유량보다도 적은 편이 바람직하다. 질소의 함유량이 적은 편이 염소 가스에서의 에칭 레이트가 빨라져, 에칭 마스크막(6)을 제거하기 쉽기 때문이다. 에칭 마스크막(6) 중의 수소 함유량은, 0.1 원자% 이상인 것이 바람직하고, 5 원자% 이하인 것이 바람직하며, 3 원자% 이하인 것이 보다 바람직하다.
- [0123] 또한, 에칭 마스크막(6)의 표면 근방의 부분(표층)은, 산소(O)를 포함할 수 있다. 에칭 마스크막(6)의 형성 시에는, 산소(O)를 함유하지 않는 재료를 이용한 경우라도, 에칭 마스크막(6)의 표층이, 자연 산화막 유래의 산소를 포함하는 경우가 있다. 에칭 마스크막(6)의 형성 시에는, 산소(O)를 함유하지 않는 재료를 이용하는 것이 바람직하다. 에칭 마스크막(6)의 표층 이외의 부분이 산소(O)를 함유하지 않음으로써, 보다 품질이 안정된 에칭 마스크막(6)을 얻을 수 있다.
- [0124] 탄탈(Ta)을 함유하는 재료로 이루어지는 본 실시형태의 에칭 마스크막(6)은, 상술의 불소계 가스 또는 산소를 포함하지 않는 염소계 가스에 의해 에칭할 수 있다. 또, 산소를 포함하지 않는 탄탈(Ta)을 함유하는 재료로 이루어지는 본 실시형태의 에칭 마스크막(6)은, 산소를 포함하지 않는 상술의 염소계 가스에 의해 에칭할 수

있다.

- [0125] 본 실시형태의 에칭 마스크막(6)의 재료는, 규소를 함유하는 재료를 이용할 수 있다. 규소를 함유하는 재료는, 규소, 규소 화합물, 규소 및 금속을 포함하는 금속 규소, 또는 규소 화합물 및 금속을 포함하는 금속 규소 화합물의 재료이며, 규소 화합물의 재료가, 규소와, 산소(O), 질소(N), 탄소(C) 및 수소(H)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것이 바람직하다. 또, 에칭 마스크막(6)의 재료 중 규소 화합물의 재료가, 규소와, 산소(O) 및 질소(N)로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료인 것이 보다 바람직하다. 에칭 마스크막(6)의 재료가, 규소(Si)를 포함하는 소정의 재료인 것에 의해, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 흡수층(44)의 에칭 가스에 대하여 내성이 있는 에칭 마스크막(6)을 형성할 수 있다.
- [0126] 규소를 포함하는 재료로서, 구체적으로는, SiO, SiN, SiON, SiC, SiCO, SiCN, SiCON, MoSi, MoSiO, MoSiN 및 MoSiON 등을 들 수 있다. 규소를 포함하는 재료로서, SiO, SiN 또는 SiON을 이용하는 것이 바람직하다. 또한, 재료는, 본 발명의 효과가 얻어지는 범위에서, 규소 이외의 반금속 또는 금속을 함유할 수 있다. 또, 금속 규소 화합물로는, 몰리브덴 실리사이드를 이용할 수 있다.
- [0127] 규소를 함유하는 재료로 이루어지는 에칭 마스크막(6)은, 불소계 가스에 의해 에칭할 수 있다.
- [0128] 에칭 마스크막(6)의 막 두께는, 전사 패턴을 정밀도 좋게 흡수체막(4)에 형성하는 에칭 마스크로서의 기능을 얻는 관점에서, 0.5nm 이상이며, 1nm 이상인 것이 바람직하고, 2nm 이상인 것이 보다 바람직하며, 3nm 이상인 것이 더욱 바람직하다. 또, 레지스트막(11)의 막 두께를 얇게 하는 관점에서, 에칭 마스크막(6)의 막 두께는, 14nm 이하이며, 12nm 이하인 것이 바람직하고, 10nm 이하가 보다 바람직하다.
- [0129] 에칭 마스크막(6)과 버퍼층(42)은, 동일한 재료로 해도 된다. 또, 에칭 마스크막(6)과 버퍼층(42)은, 동일한 금속을 포함하는 조성비가 다른 재료로 해도 된다. 에칭 마스크막(6) 및 버퍼층(42)이 탄탈을 포함하는 경우, 에칭 마스크막(6)의 탄탈 함유량이 버퍼층(42)의 탄탈 함유량보다 많고, 또한 에칭 마스크막(6)의 막 두께를 버퍼층(42)의 막 두께보다도 두껍게 해도 된다. 에칭 마스크막(6) 및 버퍼층(42)이 수소를 포함하는 경우, 에칭 마스크막(6)의 수소 함유량이 버퍼층(42)의 수소 함유량보다도 많아도 된다.
- [0130] << 레지스트막(11)>>
- [0131] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 에칭 마스크막(6)의 위에 레지스트막(11)을 가질 수 있다. 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에는, 레지스트막(11)을 갖는 형태도 포함된다. 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에서는, 적절한 재료 및/또는 적절한 막 두께의 흡수체막(4)(버퍼층(42) 및 흡수층(44)) 및 에칭 가스를 선택함으로써, 레지스트막(11)의 박막화도 가능하다.
- [0132] 레지스트막(11)의 재료로는, 예를 들면 화학 증폭형 레지스트(CAR: chemically-amplified resist)를 이용할 수 있다. 레지스트막(11)을 패터닝하고, 흡수체막(4)(버퍼층(42) 및 흡수층(44))을 에칭함으로써, 소정의 전사 패턴을 갖는 반사형 마스크(200)를 제조할 수 있다.
- [0133] <<이면 도전막(5)>>
- [0134] 기관(1)의 제 2 주면(이면)측(다층 반사막(2) 형성면의 반대측)에는, 일반적으로, 정전 척용의 이면 도전막(5)이 형성된다. 정전 척용의 이면 도전막(5)에 요구되는 전기적 특성(시트 저항)은 통상 100Ω/□(Ω/Square) 이하이다. 이면 도전막(5)의 형성 방법은, 예를 들면 마그네트론 스퍼터링법이나 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 크롬 또는 탄탈 등의 금속 그리고 그들의 합금의 타겟을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0135] 이면 도전막(5)의 크롬(Cr)을 포함하는 재료는, Cr에 붕소, 질소, 산소 및 탄소로부터 선택한 적어도 하나를 함유한 Cr 화합물인 것이 바람직하다. Cr 화합물로는, 예를 들면, CrN, CrON, CrCN, CrCON, CrBN, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다.
- [0136] 이면 도전막(5)의 탄탈(Ta)을 포함하는 재료로는, Ta(탄탈), Ta를 함유하는 합금, 또는 이들 중 어느 것에 붕소, 질소, 산소 및 탄소 중 적어도 하나를 함유하는 Ta 화합물을 이용하는 것이 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 등을 들 수 있다.
- [0137] 탄탈(Ta) 또는 크롬(Cr)을 포함하는 재료로는, 그 표층에 존재하는 질소(N)가 적은 것이 바람직하다. 구체적으로는, 탄탈(Ta) 또는 크롬(Cr)을 포함하는 재료의 이면 도전막(5)의 표층의 질소의 함유량은, 5 원자% 미만인 것이 바람직하고, 실질적으로 표층에 질소를 함유하지 않는 것이 보다 바람직하다. 탄탈(Ta) 또는 크롬(Cr)을

포함하는 재료의 이면 도전막(5)에 있어서, 표층의 질소의 함유량이 적은 편이, 내마모성이 높아지기 때문이다.

- [0138] 이면 도전막(5)은, 탄탈 및 붕소를 포함하는 재료로 이루어지는 것이 바람직하다. 이면 도전막(5)이, 탄탈 및 붕소를 포함하는 재료로 이루어짐으로써, 내마모성 및 약액 내성을 갖는 도전막(23)을 얻을 수 있다. 이면 도전막(5)이, 탄탈(Ta) 및 붕소(B)를 포함하는 경우, B 함유량은 5~30 원자%인 것이 바람직하다. 이면 도전막(5)의 성막에 이용하는 스퍼터링 타겟 중의 Ta 및 B의 비율(Ta:B)은 95:5~70:30인 것이 바람직하다.
- [0139] 이면 도전막(5)의 두께는, 정전 척용으로서의 기능을 만족시키는 한 특별히 한정되지 않는다. 이면 도전막(5)의 두께는, 통상 10nm에서 200nm이다. 또, 이 이면 도전막(5)은 마스크 블랭크(100)의 제 2 주면층의 응력 조정도 견비하고 있다. 즉, 이면 도전막(5)은, 제 1 주면층에 형성된 각종 막으로부터의 응력과 밸런스를 잡아, 평탄한 반사형 마스크 블랭크(100)가 얻어지도록 조정되고 있다.
- [0140] <반사형 마스크(200) 및 그 제조 방법>
- [0141] 본 실시형태의 반사형 마스크(200)는, 상술의 반사형 마스크 블랭크(100)에 있어서의 흡수체막(4)이 패터닝된 흡수체 패턴(4a)을 갖는다.
- [0142] 반사형 마스크(200)의 흡수체 패턴(4a)이 EUV 광을 흡수하고, 흡수체 패턴(4a)의 개구부에서 EUV 광을 반사할 수 있다. 그 때문에, 소정의 광학계를 이용하여 EUV 광을 반사형 마스크(200)에 조사함으로써, 소정의 미세한 전사 패턴을 피전사물에 대하여 전사할 수 있다.
- [0143] 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 반사형 마스크(200)를 제조한다. 여기에서는 개요 설명만을 행하고, 후에 실시예에서 도면을 참조하면서 상세하게 설명한다.
- [0144] 반사형 마스크 블랭크(100)를 준비한다. 반사형 마스크 블랭크(100)의 제 1 주면의 흡수체막(4) 위에 형성된 에칭 마스크막(6) 위에, 레지스트막(11)을 형성한다(반사형 마스크 블랭크(100)로서 레지스트막(11)을 구비하고 있는 경우는 불요). 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성한다.
- [0145] 반사형 마스크 블랭크(100)의 경우는, 이 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여 에칭 마스크막(6)을 에칭해, 에칭 마스크 패턴(6a)을 형성한다. 레지스트 패턴(11a)을 산소 애싱 또는 열 황산 등의 웨트 처리로 박리한다. 다음으로, 에칭 마스크 패턴(6a)을 마스크로 하여 흡수층(44)을 에칭함으로써, 흡수층 패턴(44a)이 형성된다. 다음으로, 노출된 에칭 마스크 패턴(6a) 및 흡수층 패턴(44a)을 마스크로 하여 버퍼층(42)을 에칭하여 버퍼층 패턴(42a)을 형성한다. 에칭 마스크 패턴(6a)을 제거하여, 흡수층 패턴(44a) 및 버퍼층 패턴(42a)으로 이루어지는 흡수체 패턴(4a)을 형성한다. 마지막으로, 산성이나 알칼리성의 수용액을 이용한 웨트 세정을 행한다.
- [0146] 또한, 에칭 마스크 패턴(6a)의 제거는, 버퍼층(42)의 패터닝 시에, 버퍼층(42)과 동시에 에칭하여 제거하는 것도 가능하다.
- [0147] 본 실시형태의 반사형 마스크(200)에서는, 에칭 마스크 패턴(6a)을 제거하지 않고, 흡수체 패턴(4a) 위에 남길 수 있다. 단, 그 경우, 에칭 마스크 패턴(6a)을 균일한 박막으로 하여 남길 필요가 있다. 에칭 마스크 패턴(6a)의 박막으로서의 불균일성을 피하는 점에서, 본 실시형태의 반사형 마스크(200)에서는, 에칭 마스크 패턴(6a)을 배치하지 않고, 제거하는 것이 바람직하다.
- [0148] 본 실시형태의 반사형 마스크(200)의 제조 방법은, 상술의 본 실시형태의 반사형 마스크 블랭크(100)의 에칭 마스크막(6)을, 불소계 가스를 포함하는 드라이 에칭에 의해 패터닝하는 것이 바람직하다. 탄탈(Ta)을 함유하는 에칭 마스크막(6)의 경우에는, 불소계 가스를 이용하여 적합하게 드라이 에칭을 할 수 있다. 또, 흡수층(44)을, 염소계 가스와 산소 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스에 의해 패터닝하는 것이 바람직하다. 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 흡수층은, 염소계 가스와 산소 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스를 이용하여 적합하게 드라이 에칭을 할 수 있다. 또, 버퍼층(42)을, 염소계 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스에 의해 패터닝하는 것이 바람직하다. 탄탈(Ta)을 함유하는 버퍼층(42)의 경우에는, 염소계 가스를 포함하는 드라이 에칭 가스를 이용하여 적합하게 드라이 에칭을 할 수 있다. 이와 같이 하여, 반사형 마스크(200)의 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있다.
- [0149] 이상의 공정에 의해, 새도잉 효과가 적은 고정밀도 미세 패턴을 갖는 반사형 마스크(200)를 얻을 수 있다.
- [0150] <반도체 장치의 제조 방법>
- [0151] 본 실시형태의 반도체 장치의 제조 방법은, EUV 광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 본 실시형태의 반

사형 마스크(200)를 세트하고, 피전사 기관 상에 형성되어 있는 레지스트막에 전사 패턴을 전사하는 공정을 갖는다.

[0152] 본 실시형태의 반도체 장치의 제조 방법에 의하면, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있고, 또한 미세하고 고정밀도의 흡수체막(4)을 형성한 반사형 마스크(200)를, 반도체 장치의 제조를 위해 이용할 수 있다. 그 때문에, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0153] 상기 본 실시형태의 반사형 마스크(200)를 사용하여 EUV 노광을 행함으로써, 반도체 기관 상에 반사형 마스크(200) 상의 흡수체 패턴(4a)에 의거하는 원하는 전사 패턴을, 새도잉 효과에 의한 전사 치수 정밀도의 저하를 억제하여 형성할 수 있다. 또, 흡수체 패턴(4a)이, 측벽 러프니스가 적은 미세하고 고정밀도의 패턴이므로, 높은 치수 정밀도로 원하는 패턴을 반도체 기관 상에 형성할 수 있다. 이 리소그래피 공정에 더하여, 피가공막의 에칭, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐 등 여러 가지 공정을 거침으로써, 원하는 전자 회로가 형성된 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0154] 보다 상세하게 설명하면, EUV 노광 장치는, EUV 광을 발생시키는 레이저 플라즈마 광원, 조명 광학계, 마스크 스테이지계, 축소 투영 광학계, 웨이퍼 스테이지계 및 진공 설비 등으로 구성된다. 광원에는 데브리 트랩(debris trap) 기능과 노광광 이외의 장파장의 광을 컷하는 컷 필터 및 진공 차동(差動) 배기용 설비 등이 구비되어 있다. 조명 광학계와 축소 투영 광학계는 반사형 미러로 구성된다. EUV 노광용 반사형 마스크(200)는, 그 제 2 주면에 형성된 도전막에 의해 정전 흡착되어 마스크 스테이지에 재치된다.

[0155] EUV 광원의 광은, 조명 광학계를 통해 반사형 마스크(200) 수직면에 대해 6°에서 8° 기울인 각도로 반사형 마스크(200)에 조사된다. 이 입사광에 대한 반사형 마스크(200)로부터의 반사광은, 입사와는 역방향으로 또한 입사 각도와 동일한 각도로 반사(정반사)하고, 통상 1/4의 축소비를 갖는 반사형 투영 광학계로 유도되어, 웨이퍼 스테이지 상에 재치된 웨이퍼(반도체 기관) 상의 레지스트로의 노광이 행하여진다. 이 동안, 적어도 EUV 광이 통과하는 장소는 진공 배기된다. 또, 이 노광에 있어서는, 마스크 스테이지와 웨이퍼 스테이지를 축소 투영 광학계의 축소비에 따른 속도로 동기시켜 스캔하고, 슬릿을 통해 노광을 행하는 스캔 노광이 주류로 되어 있다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 반도체 기관 상에 레지스트 패턴을 형성할 수 있다. 본 발명에서는, 새도잉 효과가 작은 박막이고, 게다가 측벽 러프니스가 적은 고정밀도의 흡수체 패턴(4a)을 갖는 마스크가 이용되고 있다. 이 때문에, 반도체 기관 상에 형성된 레지스트 패턴은 높은 치수 정밀도를 갖는 원하는 것이 된다. 그리고, 이 레지스트 패턴을 마스크로서 사용하여 에칭 등을 실시함으로써, 예를 들면 반도체 기관 상에 소정의 배선 패턴을 형성할 수 있다. 이와 같은 노광 공정이나 피가공막 가공 공정, 절연막이나 도전막의 형성 공정, 도펀트 도입 공정, 또는 어닐 공정 등 그 외의 필요한 공정을 거침으로써, 반도체 장치가 제조된다.

[0156] **실시예**

[0157] 이하, 실시예에 대해 도면을 참조하면서 설명한다. 또한, 실시예에 있어서 마찬가지로의 구성요소에 대해서는 동일한 부호를 사용하고, 설명을 간략화 또는 생략한다.

[0158] [실시예 1]

[0159] 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 도 1에 나타내는 바와 같이, 이면 도전막(5)과, 기관(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)과, 에칭 마스크막(6)을 갖는다. 흡수체막(4)은 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어진다. 그리고, 도 2a에 나타나는 바와 같이, 흡수체막(4) 상에 레지스트막(11)을 형성한다. 도 2a에서 2e는, 반사형 마스크 블랭크(100)로부터 반사형 마스크(200)를 제작하는 공정을 나타내는 주요부 단면 모식도이다.

[0160] 하기의 설명에 있어서, 성막한 박막의 원소 조성은, 러더퍼드 후방 산란 분석법에 의해 측정했다.

[0161] 우선, 실시예 1(실시예 1-1에서 1-5)의 반사형 마스크 블랭크(100)에 대해서 설명한다.

[0162] 제 1 주면 및 제 2 주면의 양 주표면이 연마된 6025 사이즈(약 152mm×152mm×6.35mm)의 저열팽창 유리 기관인 SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>계 유리 기관을 준비해 기관(1)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.

[0163] SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>계 유리 기관(1)의 제 2 주면(이면)에, CrN 막으로 이루어지는 이면 도전막(5)을 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해 하기의 조건으로 형성했다.

- [0164] 이면 도전막(5)의 형성 조건: Cr 타겟, Ar과 N<sub>2</sub>의 혼합 가스 분위기(Ar: 90%, N: 10%), 막 두께 20nm.
- [0165] 다음으로, 이면 도전막(5)이 형성된 측과 반대측의 기판(1)의 주표면(제 1 주면) 상에, 다층 반사막(2)을 형성했다. 기판(1) 상에 형성되는 다층 반사막(2)은, 파장 13.5nm의 EUV 광에 적합한 다층 반사막(2)으로 하기 위해, Mo과 Si로 이루어지는 주기 다층 반사막(2)으로 했다. 다층 반사막(2)은, Mo 타겟과 Si 타겟을 사용하고, Ar 가스 분위기 중에서 이온 빔 스퍼터링법에 의해 기판(1) 상에 Mo 층 및 Si 층을 교대로 적층하여 형성했다. 우선, Si 막을 4.2nm의 두께로 성막하고, 계속해서, Mo 막을 2.8nm의 두께로 성막했다. 이것을 1 주기로 하여, 마찬가지로 해서 40 주기 적층하고, 마지막으로 Si 막을 4.0nm의 두께로 성막하여, 다층 반사막(2)을 형성했다. 여기에서는 40 주기로 했지만, 이것으로 한정하는 것은 아니며, 예를 들면 60 주기여도 된다. 60 주기로 한 경우, 40 주기보다도 공정수는 늘어나지만, EUV 광에 대한 반사율을 높일 수 있다.
- [0166] 계속해서, Ar 가스 분위기 중에서, Ru 타겟을 사용한 이온 빔 스퍼터링법에 의해 Ru 막으로 이루어지는 보호막(3)을 3.5nm의 막 두께로 성막했다.
- [0167] 다음으로, 보호막(3)의 위에 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어지는 흡수체막(4)을 형성했다. 또한, 표 1에, 실시예 1의 보호막(3), 버퍼층(42), 흡수층(44), 에칭 마스크막(6)의 재료, 소외 계수, 재료의 조성비, 에칭 가스 및 막 두께를 나타낸다.
- [0168] 구체적으로는, 우선, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, TaBN 막으로 이루어지는 버퍼층(42)을 형성했다. TaBN 막은, TaB 혼합 소결 타겟을 이용하여, Ar 가스와 N<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로, 표 1에 나타내는 바와 같이, 2~20nm의 막 두께로 성막했다.
- [0169] 표 1에 나타내는 바와 같이, 실시예 1-1에서 1-5의 TaBN 막의 원소 비율은, Ta가 75 원자%, B가 12 원자%, N이 13 원자%였다. 또, 표 1에 나타내는 바와 같이, TaBN 막(버퍼층(42))의 파장 13.5nm에서의 소외 계수 k는 0.030이었다.
- [0170] 다음으로, 마그네트론 스퍼터링법에 의해, CrN 막으로 이루어지는 흡수층(44)을 형성했다. CrN 막은, Cr 타겟을 이용하여, Ar 가스와 N<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기에서, 반응성 스퍼터링으로, 표 1에 나타내는 바와 같이, 27~46nm의 막 두께로 성막했다.
- [0171] 표 1에 나타내는 바와 같이, 실시예 1-1에서 1-5의 CrN 막의 원소 비율은, Cr이 90 원자%, N이 10 원자%였다. 또, 표 1에 나타내는 바와 같이, CrN 막(흡수층(44))의 파장 13.5nm에서의 소외 계수 k는 0.038이었다.
- [0172] 다음으로, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, 흡수층(44)의 위에, TaBO 막으로 이루어지는 에칭 마스크막(6)을 형성했다. TaBO 막은, TaB 타겟을 이용하여, Ar 가스와 O<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로, 표 1에 나타내는 바와 같이, 6nm의 막 두께로 성막했다.
- [0173] 표 1에 나타내는 바와 같이, 실시예 1-1에서 1-5의 TaBO 막의 원소 비율은, Ta가 41 원자%, B가 6 원자%, O가 53 원자%였다.
- [0174] 이상과 같이 하여, 실시예 1-1에서 1-5의 반사형 마스크 블랭크(100)를 제조했다.
- [0175] 다음으로, 상기 실시예 1-1에서 1-5의 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여, 실시예 1의 반사형 마스크(200)를 제조했다.
- [0176] 반사형 마스크 블랭크(100)의 에칭 마스크막(6)의 위에, 레지스트막(11)을 80nm의 두께로 형성했다(도 2a). 레지스트막(11)의 형성에는, 화학 증폭형 레지스트(CAR)를 이용했다. 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성했다(도 2b). 다음으로, 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여, TaBO 막(에칭 마스크막(6))의 드라이 에칭을, CF<sub>4</sub> 가스와 He 가스의 혼합 가스(CF<sub>4</sub> + He 가스)를 이용하여 행함으로써, 에칭 마스크 패턴(6a)을 형성했다(도 2c). 레지스트 패턴(11a)을 산소 애싱으로 박리했다. 에칭 마스크 패턴(6a)을 마스크로 하여, CrN 막(흡수층(44))의 드라이 에칭을, Cl<sub>2</sub> 가스와 O<sub>2</sub> 가스의 혼합 가스(Cl<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> 가스)를 이용하여 행함으로써, 흡수층 패턴(44a)을 형성했다(도 2d).
- [0177] 그 후, Cl<sub>2</sub> 가스를 이용한 드라이 에칭에 의해, 버퍼층(42)을 패터닝했다. TaO계의 박막은, 염소계 가스의 드라이 에칭에 대한 내성이 높고, 실시예 1-1에서 1-5의 에칭 마스크막(6)은 TaBO 막(TaO계의 박막)이므로, 버퍼층(42)을 Cl<sub>2</sub> 가스로 드라이 에칭했을 때에, 6nm의 에칭 마스크막(6)은 충분한 에칭 내성을 갖고 있었다. 그

후, 에칭 마스크 패턴(6a)을  $CF_4$  가스와 He 가스의 혼합 가스에 의해 제거했다(도 2e). 마지막으로 순수(純水)(DIW)를 이용한 웨트 세정을 행하여, 실시예 1-1에서 1-5의 반사형 마스크(200)를 제조했다.

- [0178] 또한, 필요에 따라서 웨트 세정 후 마스크 결함 검사를 행하여, 마스크 결함 수정을 적절히 행할 수 있다.
- [0179] 상술한 바와 같이 하여 제조한 실시예 1-1에서 1-5의 반사형 마스크(200)에 대하여, 파장 13.5nm에서의 흡수체 패턴(4a)의 EUV 광 반사율을 측정했다. 표 1의 「EUV 광 반사율」란에, 실시예 1-1에서 1-5의 EUV 광 반사율을 나타낸다.
- [0180] 실시예 1-1에서 1-5의 반사형 마스크(200)에서는, 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어지는 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 47~48nm로, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다도 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있었다. 또, 실시예 1-1에서 1-5의 흡수체막(4)의 EUV 광 반사율은 2% 이하였다.
- [0181] 실시예 1-1~1-5에서 제작한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세트하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성했다.
- [0182] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐 등 여러 가지 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0183] [실시예 2(실시예 2-1에서 2-3) 및 참고예 1(참고예 1-1 및 1-2)]
- [0184] 표 2에, 실시예 2 및 참고예 1의 보호막(3), 버퍼층(42), 흡수층(44), 에칭 마스크막(6)의 재료, 소외 계수, 재료의 조성비, 에칭 가스 및 막 두께를 나타낸다. 실시예 2 및 참고예 1은, 버퍼층(42)을 TaBO 막, 에칭 마스크막(6)을 TaBN 막으로 한 경우의 실시예로서, 막 두께를 표 2에 나타내는 바와 같이 한 것 이외에는, 기본적으로 실시예 1과 마찬가지로 한다. 버퍼층(42)의 TaBO 막의 성막은, 실시예 1의 에칭 마스크막(6)의 TaBO 막의 성막과 마찬가지로 행하였다. 표 2에 나타내는 바와 같이, TaBO 막(버퍼층(42))의 파장 13.5nm에서의 소외 계수 k는 0.023이었다. 또, 에칭 마스크막(6)의 TaBN 막의 성막은, 실시예 1의 버퍼층(42)의 TaBN 막의 성막과 마찬가지로 행하였다.
- [0185] 다음으로, 상기 실시예 2 및 참고예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여, 실시예 1의 경우와 마찬가지로, 실시예 2 및 참고예 1의 반사형 마스크(200)를 제조했다. 표 2에, 실시예 2 및 참고예 1의 반사형 마스크(200)를 제조할 때에, 버퍼층(42), 흡수층(44) 및 에칭 마스크막(6)의 에칭을 위해 이용한 에칭 가스의 종류를 나타낸다. 또한, TaN계의 박막은, 불소계 가스의 드라이 에칭에 의해 에칭이 가능하다. 실시예 2 및 참고예 1의 에칭 마스크막(6)은 TaBN 막(TaN계의 박막)이므로, 버퍼층(42)을  $CF_4$  가스 및 He 가스의 혼합 가스로 드라이 에칭했을 때에, 동시에 에칭된다. 그 때문에, 실시예 2 및 참고예 1에서는, 표 2에 나타내는 바와 같이, 에칭 마스크막(6)의 막 두께를, 버퍼층(42)보다도 두껍게 했다.
- [0186] 상술한 바와 같이 하여 제조한 실시예 2-1에서 2-3 그리고 참고예 1-1 및 1-2의 반사형 마스크(200)에 대해, 파장 13.5nm에서의 흡수체 패턴(4a)의 EUV 광 반사율을 측정했다. 표 2의 「EUV 광 반사율」란에, 실시예 2-1에서 2-3 그리고 참고예 1-1 및 1-2의 EUV 광 반사율을 나타낸다.
- [0187] 표 2에 나타내는 바와 같이, 실시예 2-1에서 2-3의 EUV 광 반사율은 2% 이하였다. 이것에 대해 참고예 1-1 및 2-2에서는, EUV 광 반사율이 2%를 넘고 있었다. 참고예 1-1 및 1-2에서는, 소외 계수가 큰 흡수층(44)의 막 두께가 32nm 이하가 되어, 흡수층(44)에서의 EUV 광의 흡수를 충분히 행할 수 없어, 반사율이 높아진 것으로 생각된다. 실시예 2 및 참고예 1과 같이 버퍼층(42)의 소외 계수가 0.025 이하인 재료를 이용한 경우에는, 흡수층(44)은, 적어도 35nm는 필요하다고 할 수 있다.
- [0188] 실시예 2-1에서 2-3의 반사형 마스크(200)에서는, 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어지는 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 47~48nm로, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다도 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있었다.
- [0189] 실시예 2-1~2-3에서 제작한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세트하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성했다.
- [0190] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐 등 여러 가지 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.

- [0191] [실시예 3]
- [0192] 표 3에, 실시예 3의 보호막(3), 버퍼층(42), 흡수층(44), 에칭 마스크막(6)의 재료, 소외 계수, 재료의 조성비, 에칭 가스 및 막 두께를 나타낸다. 실시예 3은, 버퍼층(42)을 TaBO 막으로 한 경우의 실시예로서, 막 두께를 표 3에 나타내는 바와 같이 한 것 이외에는, 기본적으로 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 버퍼층(42)의 TaBO 막의 성막은, 실시예 1의 에칭 마스크막(6)의 TaBO 막의 성막과 마찬가지로 행하였다.
- [0193] 다음으로, 상기 실시예 3의 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여, 실시예 1의 경우와 마찬가지로, 실시예 3의 반사형 마스크(200)를 제조했다. 표 3에, 실시예 3의 반사형 마스크(200)를 제조할 때에, 버퍼층(42), 흡수층(44) 및 에칭 마스크막(6)의 에칭을 위해 이용한 에칭 가스의 종류를 나타낸다. 실시예 3에서는, 버퍼층(42)을 패터닝하는 동시에, 에칭 마스크 패턴(6a)을 동시에 제거했다.
- [0194] 상술한 바와 같이 하여 제조한 실시예 3의 반사형 마스크(200)에 대해, 파장 13.5nm에서의 흡수체 패턴(4a)의 EUV 광 반사율을 측정했다. 표 3의 「EUV 광 반사율」란에, 실시예 3의 EUV 광 반사율을 나타낸다.
- [0195] 표 3에 나타내는 바와 같이, 실시예 3의 EUV 광 반사율은 1.4%로, 2% 이하였다.
- [0196] 실시예 3의 반사형 마스크(200)에서는, 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어지는 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 48nm로, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다도 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있었다.
- [0197] 실시예 3에서 제작한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세트하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성했다.
- [0198] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐 등 여러 가지 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0199] [실시예 4(실시예 4-1에서 4-4)]
- [0200] 표 4에, 실시예 4(실시예 4-1에서 4-4)의 보호막(3), 버퍼층(42), 흡수층(44), 에칭 마스크막(6)의 재료, 소외 계수, 재료의 조성비, 에칭 가스 및 막 두께를 나타낸다. 실시예 4는, 에칭 마스크막(6)을 TaBN 막으로 한 경우의 실시예로서, 막 두께를 표 4에 나타내는 바와 같이 한 것 이외에는, 기본적으로 실시예 1과 마찬가지로 행하였다. 에칭 마스크막(6)의 TaBN 막의 성막은, 실시예 1의 버퍼층(42)의 TaBN 막의 성막과 마찬가지로 행하였다.
- [0201] 다음으로, 상기 실시예 4의 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여, 실시예 1의 경우와 마찬가지로, 실시예 4의 반사형 마스크(200)를 제조했다. 표 4에, 실시예 4의 반사형 마스크(200)를 제조할 때에, 버퍼층(42), 흡수층(44) 및 에칭 마스크막(6)의 에칭을 위해 이용한 에칭 가스의 종류를 나타낸다. 표 4에 나타내는 바와 같이, 실시예 4에서는, 에칭 마스크막(6)(TaBN 막)의 에칭을 위해, 실시예 4-1~4-4에서 다른 에칭 가스를 이용했다. 또한, 레지스트막(11)은, 불소계 가스의 드라이 에칭에 대한 내성이 높다. 그 때문에, 실시예 4-2에서 4-4와 같이, 에칭 마스크막(6)을 불소계 가스에 의해 드라이 에칭하는 경우에는, 레지스트막(11)의 막 두께를 얇게 하는 것이 가능하다. 구체적으로는, 실시예 4-1에서 80nm 정도였던 레지스트막(11)의 막 두께를, 30~50nm로 할 수 있으므로, 보다 미세 패턴을 형성할 수 있다.
- [0202] 상술한 바와 같이 하여 제조한 실시예 4의 반사형 마스크(200)에 대해, 파장 13.5nm에서의 흡수체 패턴(4a)의 EUV 광 반사율을 측정했다. 표 4의 「EUV 광 반사율」란에, 실시예 4의 EUV 광 반사율을 나타낸다.
- [0203] 표 4에 나타내는 바와 같이, 실시예 4의 EUV 광 반사율은 모두 0.6%로, 모두 2% 이하였다.
- [0204] 실시예 4의 반사형 마스크(200)에서는, 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어지는 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 55nm로, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다도 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있었다.
- [0205] 실시예 4에서 제작한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세트하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성했다.
- [0206] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐 등 여러 가지 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0207] [실시예 5]

- [0208] 표 5에, 실시예 5의 보호막(3), 버퍼층(42), 흡수층(44), 에칭 마스크막(6)의 재료, 소외 계수, 재료의 조성비, 에칭 가스 및 막 두께를 나타낸다. 실시예 5는, 버퍼층(42) 및 에칭 마스크막(6)을 SiO<sub>2</sub> 막으로 한 경우의 실시예로서, 막 두께를 표 5에 나타내는 바와 같이 한 것 이외에는, 기본적으로 실시예 1과 마찬가지로이다. 버퍼층(42) 및 에칭 마스크막(6)의 SiO<sub>2</sub> 막의 성막은, 다음과 같이 행하였다.
- [0209] 실시예 5의 버퍼층(42) 및 에칭 마스크막(6)의 형성을 위한 SiO<sub>2</sub> 막의 성막은, RF 마그네트론 스퍼터링법에 의해 행하였다. 구체적으로는, Ar 가스 분위기 중에서 SiO<sub>2</sub> 타겟을 이용하여, 표 5에 나타내는 바와 같이, 버퍼층(42)을 3.5nm 및 에칭 마스크막(6)을 6nm의 막 두께로 성막했다. 그 이외의 성막에 대해서는, 실시예 1과 마찬가지로이다.
- [0210] 다음으로, 상기 실시예 5의 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여, 실시예 1의 경우와 마찬가지로, 실시예 5의 반사형 마스크(200)를 제조했다. 표 5에, 실시예 5의 반사형 마스크(200)를 제조할 때에, 버퍼층(42), 흡수층(44) 및 에칭 마스크막(6)의 에칭을 위해 이용한 에칭 가스의 종류를 나타낸다.
- [0211] 상술한 바와 같이 하여 제조한 실시예 5의 반사형 마스크(200)에 대해, 파장 13.5nm에서의 흡수체 패턴(4a)의 EUV 광 반사율을 측정했다. 표 5의 「EUV 광 반사율」란에, 실시예 5의 EUV 광 반사율을 나타낸다.
- [0212] 표 5에 나타내는 바와 같이, 실시예 5의 EUV 광 반사율은 1.8%로, 2% 이하였다.
- [0213] 실시예 5의 반사형 마스크(200)에서는, 버퍼층(42) 및 흡수층(44)으로 이루어지는 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 47.5nm로, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다도 얇게 할 수 있어, 새도잉 효과를 저감할 수 있었다.
- [0214] 실시예 5에서 제작한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세트하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여해 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성했다.
- [0215] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐 등 여러 가지 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0216] [비교예 1]
- [0217] 비교예 1로서, 종래의 TaBN 막을 흡수체막(4)으로 하는 마스크 블랭크를 제조했다. 표 6에, 비교예 1의 보호막(3), 흡수체막(4)의 재료, 소외 계수, 재료의 조성비, 에칭 가스 및 막 두께를 나타낸다. 비교예 1은, 흡수체막(4)을 TaBN 막(단층막)으로 하고, 에칭 마스크막(6)을 형성하지 않은 것 이외에는, 기본적으로 실시예 1과 마찬가지로이다. 흡수체막(4)의 TaBN 막의 성막은, 실시예 1의 버퍼층(42)의 TaBN 막과 마찬가지로 행하였다.
- [0218] 다음으로, 상기 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)를 이용하여, 실시예 1의 경우와 마찬가지로, 비교예 1의 반사형 마스크(200)를 제조했다. 표 6에, 비교예 1의 반사형 마스크(200)를 제조할 때에, 흡수체막(4)의 에칭을 위해 이용한 에칭 가스의 종류를 나타낸다.
- [0219] 상술한 바와 같이 하여 제조한 비교예 1의 반사형 마스크(200)에 대해, 파장 13.5nm에서의 흡수체 패턴(4a)의 EUV 광 반사율을 측정했다. 표 6의 「EUV 광 반사율」란에, 비교예 1의 EUV 광 반사율을 나타낸다.
- [0220] 표 6에 나타내는 바와 같이, 비교예 1의 EUV 광 반사율은 1.4%로, 2% 이하였다.
- [0221] 비교예 1의 반사형 마스크(200)에서는, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 62nm로, 새도잉 효과를 저감할 수 없었다.

[0222] [표 1]

					막 두께				
구조	재료	소외 계수 k	재료 조성비 (원자%)	에칭 가스	실시예 1-1	실시예 1-2	실시예 1-3	실시예 1-4	실시예 1-5
레지스트막	CAR	-	-	-	80nm	80nm	80nm	80nm	80nm
에칭 마스크막	TaBO	-	Ta:B:O= 41:6:53	CF <sub>4</sub> +He	6nm	6nm	6nm	6nm	6nm
흡수층	CrN	0.038	Cr:N = 90:10	Cl <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	46nm	43nm	38nm	32nm	27nm
버퍼층	TaBN	0.030	Ta:B:N = 75:12:13	Cl <sub>2</sub>	2nm	5nm	10nm	15nm	20nm
보호막	Ru	-	-	-	3.5nm	3.5nm	3.5nm	3.5nm	3.5nm
EUV 광 반사율					1.4%	1.5%	1.6%	1.7%	1.8%

[0223]

[0224] [표 2]

					막 두께				
구조	재료	소외 계수 k	재료 조성비 (원자%)	에칭 가스	실시예 2-1	실시예 2-2	실시예 2-3	참고예 1-1	참고예 1-2
레지스트막	CAR	-	-	-	80nm	80nm	80nm	80nm	80nm
에칭 마스크막	TaBN	-	Ta:B:N = 75:12:13	CF <sub>4</sub> +He	4nm	7nm	12nm	17nm	22nm
흡수층	CrN	0.038	Cr:N= 90:10	Cl <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	46nm	43nm	37nm	32nm	27nm
버퍼층	TaBO	0.023	Ta:B:O= 41:6:53	CF <sub>4</sub> +He	2nm	5nm	10nm	15nm	20nm
보호막	Ru	-	-	-	3.5nm	3.5nm	3.5nm	3.5nm	3.5nm
EUV 광 반사율					1.4%	1.5%	1.9%	2.2%	2.4%

[0225]

[0226] [표 3]

					막 두께
구조	재료	소외 계수 k	재료 조성비 (원자%)	에칭 가스	실시예 3
레지스트막	CAR	-	-	-	80nm
에칭 마스크막	TaBO	-	Ta:B:O= 41:6:53	CF <sub>4</sub> +He	6nm
흡수층	CrN	0.038	Cr:N=90:10	Cl <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	46nm
버퍼층	TaBO	0.023	Ta:B:O= 41:6:53	CF <sub>4</sub> +He	2nm
보호막	Ru	-	-	-	3.5nm
EUV 광 반사율					1.4%

[0227]

[0228] [표 4]

구조	재료	소외 계수 k	재료 조성비 (원자%)	에칭 가스	막 두께, (에칭 가스)			
					실시예 4-1	실시예 4-2	실시예 4-3	실시예 4-4
레지스트막	CAR	-	-	-	80nm	50nm	40nm	30nm
에칭 마스크막	TaBN	-	Ta:B:N= 75:12:13	우기(右記) 참조	3nm, (Cl <sub>2</sub> )	3nm, (SF <sub>6</sub> +He)	3nm, (CF <sub>4</sub> +He)	3nm, (CHF <sub>3</sub> +He)
흡수층	CrN	0.038	Cr:N= 90:10	Cl <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	53nm	53nm	53nm	53nm
버퍼층	TaBN	0.030	Ta:B:N= 75:12:13	Cl <sub>2</sub>	2nm	2nm	2nm	2nm
보호막	Ru	-	-	-	3.5nm	3.5nm	3.5nm	3.5nm
EUV 광 반사율					0.6%	0.6%	0.6%	0.6%

[0229]

[0230] [표 5]

구조	재료	소외 계수 k	재료 조성비 (원자%)	에칭 가스	막 두께
					실시예 5
레지스트막	CAR	-	-	-	80nm
에칭 마스크막	SiO <sub>2</sub>	-	Si:O=1:2	CHF <sub>3</sub> +He	6nm
흡수층	CrN	0.038	Cr:N= 90:10	Cl <sub>2</sub> +O <sub>2</sub>	44nm
버퍼층	SiO <sub>2</sub>	0.012	Si:O=1:2	-	3.5nm
보호막	Ru	-	-	-	3.5nm
EUV 광 반사율					1.6%

[0231]

[0232] [표 6]

구조	재료	소외 계수 k	재료 조성비 (원자%)	에칭 가스	막 두께
					비교예 1
레지스트막	CAR	-	-	-	150nm
흡수체막	TaBN	0.038	Ta:B:N= 75:12:13	Cl <sub>2</sub>	62nm
보호막	Ru	-	-	-	3.5nm
EUV 광 반사율					1.4%

[0233]

**부호의 설명**

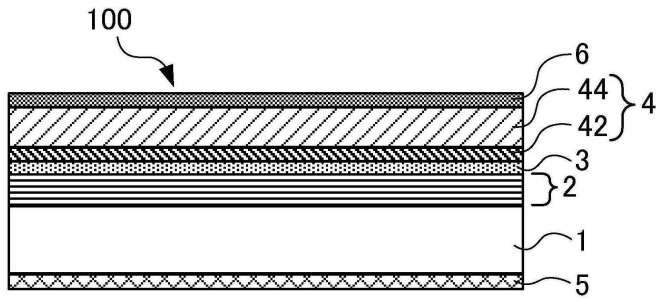
[0234]

- 1: 기관    2: 다층 반사막
- 3: 보호막    4: 흡수체막
- 4a: 흡수체 패턴    5: 이면 도전막
- 6: 에칭 마스크막    6a: 에칭 마스크 패턴

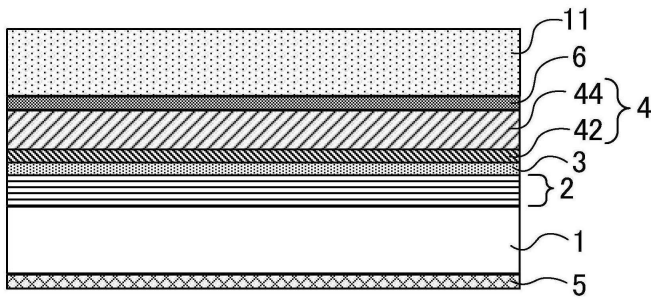
11: 레지스트막    11a: 레지스트 패턴  
 42: 버퍼층    42a: 버퍼층 패턴  
 44: 흡수층    44a: 흡수층 패턴  
 100: 반사형 마스크 블랭크    200: 반사형 마스크

도면

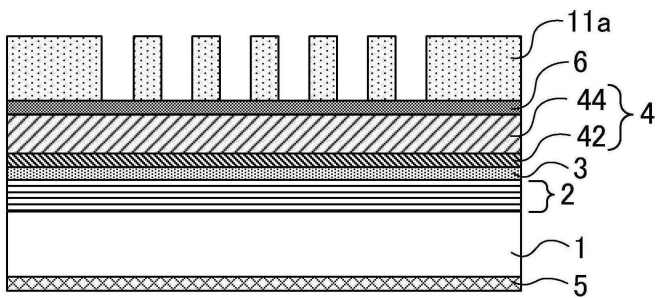
도면1



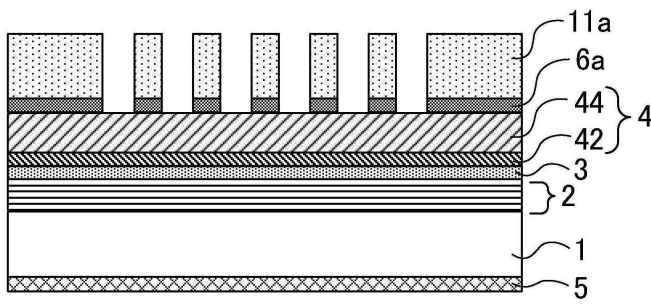
도면2a



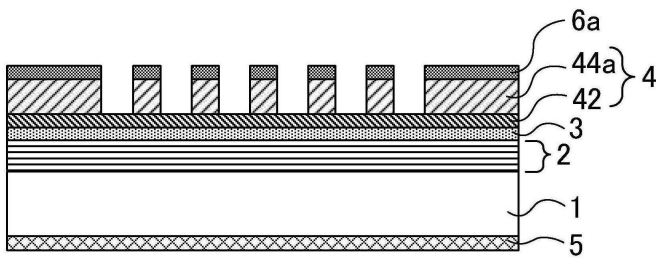
도면2b



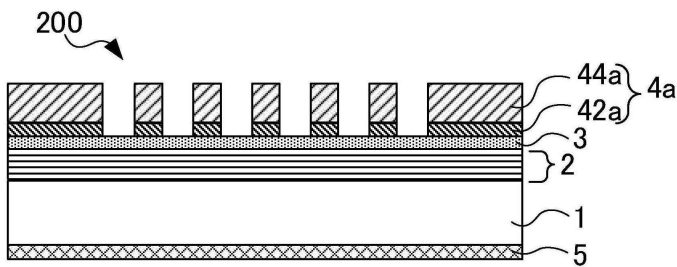
도면2c



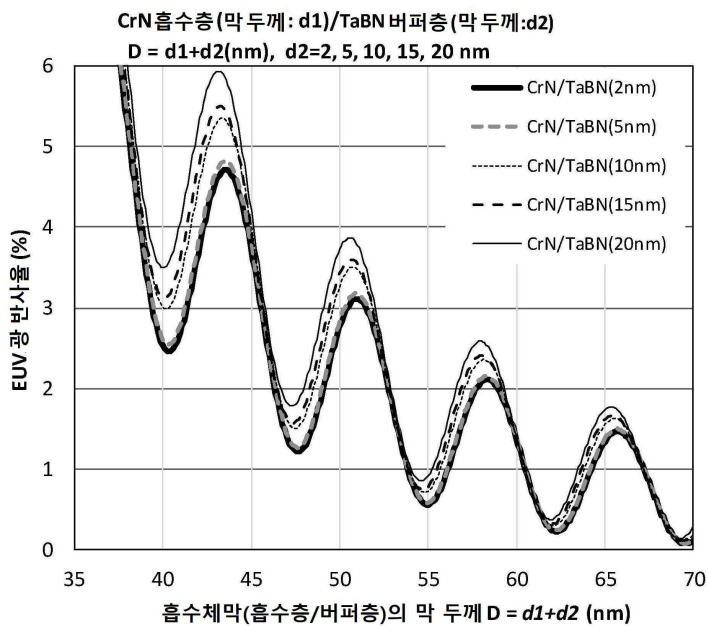
도면2d



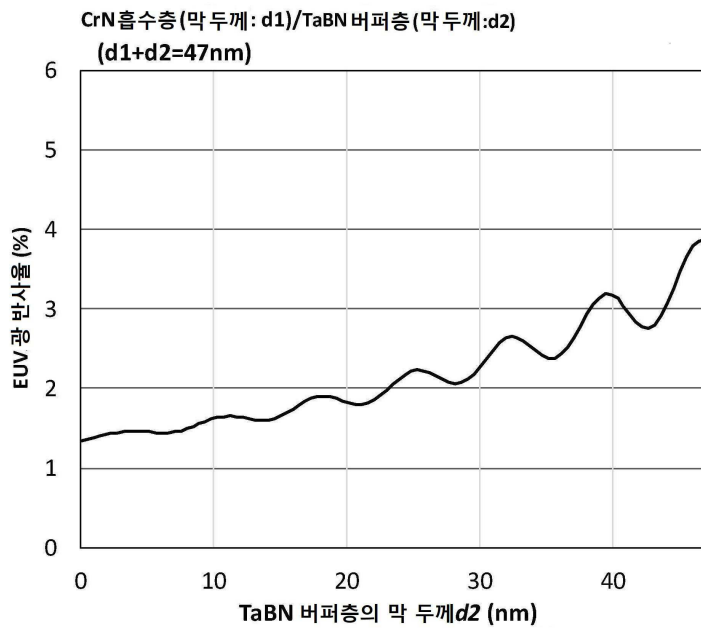
도면2e



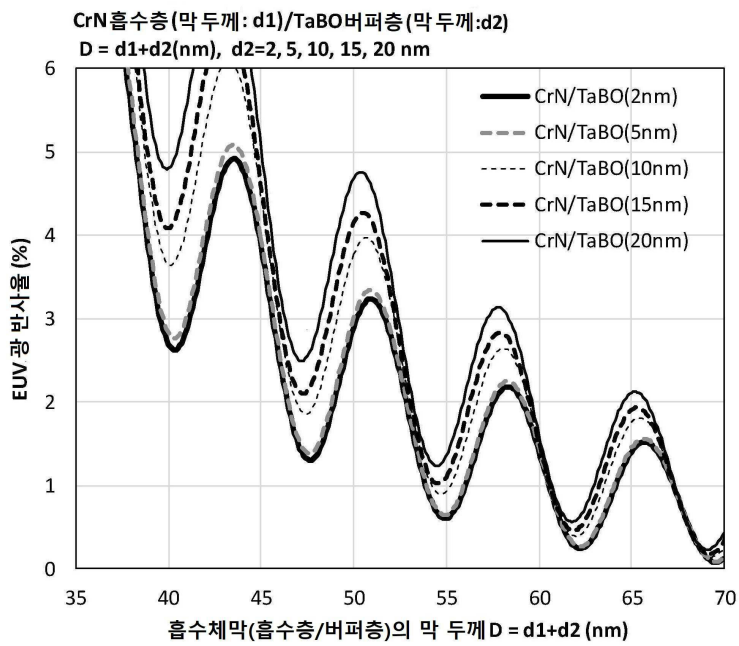
도면3



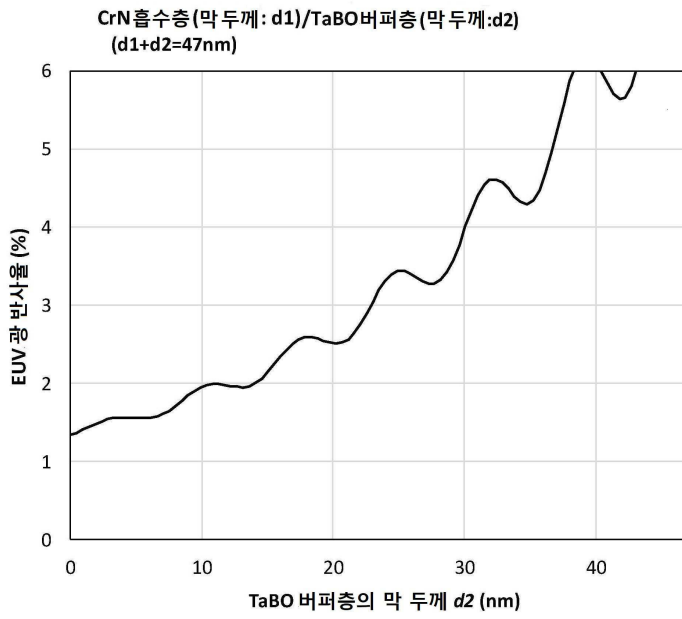
도면4



도면5



도면6



도면7

