



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0134605
(43) 공개일자 2021년11월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/24 (2012.01) C23C 14/14 (2006.01)
G03F 1/54 (2012.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 1/24 (2013.01)
C23C 14/14 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2021-7020635
- (22) 출원일자(국제) 2020년03월06일
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2021년07월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2020/009828
- (87) 국제공개번호 WO 2020/184473
국제공개일자 2020년09월17일
- (30) 우선권주장
JP-P-2019-046108 2019년03월13일 일본(JP)

- (71) 출원인
호야 가부시킴가이사
일본 도쿄도 신주꾸꾸 니시신주꾸 6초메 10-1
- (72) 발명자
카따오까, 미즈끼
일본 160-8347 도쿄도 신주꾸꾸 니시신주꾸
6-10-1 호야 가부시킴가이사 내
- (74) 대리인
양영준, 이중희

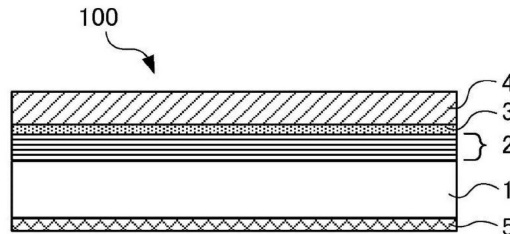
전체 청구항 수 : 총 11 항

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

(57) 요약

반사형 마스크의 웨도잉 효과를 보다 저감할 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 제공한다. 기관 상(1)에 다층 반사막(2) 및 흡수체막(3)을 이 순으로 갖는 반사형 마스크 블랭크(100)이며, 상기 흡수체막(3)은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 아연(Zn) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 아몰퍼스 금속을 포함하는 재료로 이루어지고, 상기 흡수체막(3)의 막 두께는 55nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크(100)이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
G03F 1/54 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 다층 반사막 및 흡수체막을 이 순으로 갖는 반사형 마스크 블랭크이며,

상기 흡수체막은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 아연(Zn) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 아몰퍼스 금속을 포함하는 재료로 이루어지고,

상기 흡수체막의 막 두께는 55nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 주석(Sn)의 함유량이 10원자% 이상 90원자% 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 흡수체막의 소외 계수는 0.035 이상이고,

상기 아몰퍼스 금속은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al) 및 아연(Zn)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 흡수체막의 소외 계수는 0.045 이상이고,

상기 아몰퍼스 금속은 주석(Sn)과, 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 구리(Cu) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 아몰퍼스 금속은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta) 및 크롬(Cr)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하고,

상기 아몰퍼스 금속의 상기 탄탈(Ta)의 함유량은 15원자% 초과인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 아몰퍼스 금속은 질소(N)를 함유하고,

상기 아몰퍼스 금속의 상기 질소(N)의 함유량은 2원자% 이상 55원자% 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 다층 반사막과 상기 흡수체막 사이에 보호막을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 흡수체막 상에 에칭 마스크막을 갖고, 상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 포함하는 재료 또는 규소(Si)를 포함하는 재료를 포함하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 반사형 마스크 블랭크에 있어서의 상기 흡수체막이 패터닝된 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크.

청구항 10

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을, 염소계 가스를 사용한 건식 에칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

청구항 11

EUV광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 제9항에 기재된 반사형 마스크를 세팅하고, 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, 파장 365nm의 i선, 파장 248nm의 KrF 레이저, 파장 193nm의 ArF 레이저로 파장을 서서히 짧게 하면서 진화되고 있다. 보다 미세한 패턴 전사를 실현하기 위해, 파장이 13.5nm 근방인 극단 자외선(EUV: Extreme Ultra Violet)을 사용한 EUV 리소그래피가 개발되고 있다. EUV 리소그래피에서는, EUV광에 대하여 투명한 재료가 적은 점에서, 반사형 마스크가 사용된다. 반사형 마스크는, 저열팽창 기관 상에 노광광을 반사하기 위한 다층 반사막을 갖는다. 반사형 마스크는, 당해 다층 반사막을 보호하기 위한 보호막 상에, 원하는 전사용 패턴이 형성된 마스크 구조를 기본 구조로 하고 있다. 또한, 전사용 패턴의 구성으로부터, 대표적인 것으로서, 바이너리형 반사 마스크와, 위상 시프트형 반사 마스크(하프톤 위상 시프트형 반사 마스크)가 있다. 바이너리형 반사 마스크의 전사용 패턴은, EUV광을 충분히 흡수하는 비교적 두꺼운 흡수체 패턴으로 이루어진다. 위상 시프트형 반사 마스크의 전사용 패턴은, EUV광을 광흡수에 의해 감광시키며, 또한 다층 반사막으로부터의 반사광에 대하여 거의 위상이 반전(약 180°의 위상 반전)된 반사광을 발생시키는 비교적 얇은 흡수체 패턴으로 이루어진다. 위상 시프트형 반사 마스크는, 투과형 광 위상 시프트 마스크와 마찬가지로, 위상 시프트 효과에 의해 높은 전사 광학상 콘트라스트가 얻어지므로 해상도 향상 효과가 있다. 또한, 위상 시프트형 반사 마스크의 흡수체 패턴(위상 시프트 패턴)의 막 두께가 얇은 점에서 고정밀도로 미세한 위상 시프트 패턴을 형성할 수 있다.

[0003] EUV 리소그래피에서는, 광투과율의 관계로부터 다수의 반사경으로 이루어지는 투영 광학계가 사용되고 있다. 그리고, 반사형 마스크에 대하여 EUV광을 비스듬하게 입사시키고, 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 사입사가 되는 각도로 하는 방향에서 검토가 진행되고 있다.

[0004] EUV 리소그래피에서는, 노광광이 비스듬하게 입사되기 때문에, 쉐도잉 효과라고 불리는 고유의 문제가 있다. 쉐도잉 효과란, 입체 구조를 갖는 흡수체 패턴에 노광광이 비스듬하게 입사됨으로써 그림자가 생기고, 전사 형성되는 패턴의 치수 및/또는 위치가 바뀌는 현상을 말한다. 흡수체 패턴의 입체 구조가 벽이 되어 응달측에 그림자가 생기고, 전사 형성되는 패턴의 치수 및/또는 위치가 바뀐다. 예를 들어, 배치되는 흡수체 패턴의 방향이 사입사광의 방향과 평행으로 되는 경우와 수직으로 되는 경우에, 양자의 전사 패턴의 치수와 위치에 차가 생겨, 전사 정밀도를 저하시킨다.

[0005] 이러한 EUV 리소그래피용의 반사형 마스크 및 이것을 제작하기 위한 마스크 블랭크에 관련된 기술이 특허문헌 1 내지 특허문헌 3에 개시되어 있다. 또한, 특허문헌 2에는 쉐도잉 효과에 대해서도 개시되어 있다. 종래, EUV 리소그래피용의 반사형 마스크로서 위상 시프트형 반사 마스크를 사용함으로써, 바이너리형 반사 마스크의 경우보다 위상 시프트 패턴의 막 두께를 비교적 얇게 하여, 쉐도잉 효과에 의한 전사 정밀도의 저하 억제를 도모하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2004-039884호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2007-273678호 공보
- (특허문헌 0003) 일본 특허 공개 제2009-099931호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 패턴을 미세하게 할수록, 및 패턴 치수 및/또는 패턴 위치의 정밀도를 높일수록 반도체 장치의 전기 특성 및 성능이 높아지고, 또한 집적도 향상이나 칩 사이즈를 저감할 수 있다. 그 때문에, EUV 리소그래피에는 종래보다 한층 높은 고정밀도 미세 치수 패턴 전사 성능이 요구되고 있다. 현재는 hp16nm(half pitch 16nm)세대 대응의 초미세 고정밀도 패턴 형성이 요구되고 있다. 이러한 요구에 대하여, 웨도잉 효과를 작게 하기 위해, 흡수체막(위상 시프트막)의 한층 더한 박막화가 요구되고 있다. 특히, EUV 노광의 경우에 있어서, 흡수체막(위상 시프트막)의 막 두께를 60nm 미만, 바람직하게는 50nm 이하로 하는 것이 요구되고 있다.
- [0008] 특허문헌 1 및 2에 개시되어 있는 바와 같이, 종래부터 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막(위상 시프트막)을 형성하는 재료로서 Ta가 사용되어 왔다. 그러나, EUV광(예를 들어, 파장 13.5nm)에 있어서의 Ta의 굴절률 n이 약 0.943이다. 그 때문에, Ta의 위상 시프트 효과를 이용해도, Ta만으로 형성되는 흡수체막(위상 시프트막)의 박막화는 60nm가 한계이다. 흡수체막의 막 두께를 보다 얇게 하기 위해서는, 예를 들어 바이너리형 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막으로서, 소외 계수 k가 높은(흡수 효과가 높은) 금속 재료를 사용할 수 있다. 특허문헌 2 및 3에 개시되어 있는 바와 같이, 파장 13.5nm에 있어서의 소외 계수 k가 큰 금속 재료로서는 주석(Sn)이 있다. 그러나, 주석(Sn)은, 용점이 231℃로 낮고, 열적 안정성이 낮다. 그 때문에, 주석(Sn)을 흡수체막의 재료로서 사용한 경우, 마스크 가공 시나 EUV 노광 시의 열 내성에 우려가 있고, 또한 흡수체막의 세정 내성이 낮아진다고 하는 문제가 생길 우려가 있다.
- [0009] 상기의 점에 비추어, 본 발명은 반사형 마스크의 웨도잉 효과를 보다 저감할 수 있는 반사형 마스크 블랭크 및 이에 의해 제조되는 반사형 마스크를 제공하는 것을 목적으로 한다.
- [0010] 또한, 본 발명은 반사형 마스크의 웨도잉 효과를 보다 저감함과 함께, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있으며, 열적 안정성이 우수하고, 세정 내성을 향상시킨 반사형 마스크 블랭크 및 이에 의해 제조되는 반사형 마스크를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 상기 반사형 마스크를 사용함으로써, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.
- [0012] (구성 1)
- [0013] 본 발명의 구성 1은, 기관 상에, 다층 반사막 및 흡수체막을 이 순으로 갖는 반사형 마스크 블랭크이며,
- [0014] 상기 흡수체막은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 아연(Zn) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 아몰퍼스 금속을 포함하는 재료로 이루어지고,
- [0015] 상기 흡수체막의 막 두께는 55nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0016] (구성 2)
- [0017] 본 발명의 구성 2는, 상기 주석(Sn)의 함유량이 10원자% 이상 90원자% 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1의 반사형 마스크 블랭크이다.

- [0018] (구성 3)
- [0019] 본 발명의 구성 3은, 상기 흡수체막의 소외 계수는 0.035 이상이고, 상기 아몰퍼스 금속은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al) 및 아연(Zn)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0020] (구성 4)
- [0021] 본 발명의 구성 4는, 상기 흡수체막의 소외 계수는 0.045 이상이고, 상기 아몰퍼스 금속은 주석(Sn)과, 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 구리(Cu) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0022] (구성 5)
- [0023] 본 발명의 구성 5는, 상기 아몰퍼스 금속은 주석(Sn)과, 탄탈(Ta) 및 크롬(Cr)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하고, 상기 아몰퍼스 금속의 상기 탄탈(Ta)의 함유량은 15원자% 초과인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 3의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0024] (구성 6)
- [0025] 본 발명의 구성 6은, 상기 아몰퍼스 금속은 질소(N)를 함유하고, 상기 아몰퍼스 금속의 상기 질소(N)의 함유량은 2원자% 이상 55원자% 이하인 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 5의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0026] (구성 7)
- [0027] 본 발명의 구성 7은, 상기 다층 반사막과 상기 흡수체막 사이에 보호막을 갖는 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 6 중 어느 하나의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0028] (구성 8)
- [0029] 본 발명의 구성 8은, 상기 흡수체막 상에 에칭 마스크막을 갖고, 상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 포함하는 재료 또는 규소(Si)를 포함하는 재료를 포함하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 구성 1 내지 7 중 어느 하나의 반사형 마스크 블랭크이다.
- [0030] (구성 9)
- [0031] 본 발명의 구성 9는, 구성 1 내지 8 중 어느 하나의 반사형 마스크 블랭크에 있어서의 상기 흡수체막이 패터닝된 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크이다.
- [0032] (구성 10)
- [0033] 본 발명의 구성 10은, 구성 1 내지 8 중 어느 하나의 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을, 염소계 가스를 사용한 건식 에칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법이다.
- [0034] (구성 11)
- [0035] 본 발명의 구성 11은, EUV광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 구성 9의 반사형 마스크를 세팅하고, 피전사 기관 상에 형성되어 있는 레지스트막에 전사 패턴을 전사하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법이다.

발명의 효과

- [0036] 본 발명에 따르면, 반사형 마스크의 웨도잉 효과를 보다 저감할 수 있는 반사형 마스크 블랭크 및 이에 의해 제조되는 반사형 마스크를 제공할 수 있다.
- [0037] 또한, 본 발명에 따르면, 반사형 마스크의 웨도잉 효과를 보다 저감함과 함께, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있으며, 열적 안정성이 우수하고, 세정 내성을 향상시킨 반사형 마스크 블랭크 및 이에 의해 제조되는 반사형 마스크를 제공할 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 상기 반사형 마스크를 사용함으로써, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0038] 도 1은, 본 발명에 관한 반사형 마스크 블랭크의 개략 구성을 설명하기 위한 주요부 단면 모식도이다.
- 도 2의 (a) 내지 (d)는, 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크를 제작하는 공정을 주요부 단면 모식도로 도시한 공정도이다.
- 도 3은, SnTa막으로 이루어지는 흡수체막의 두께와 파장 13.5nm의 광에 대한 반사율의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 4는, SnNiN막으로 이루어지는 흡수체막의 두께와 파장 13.5nm의 광에 대한 반사율의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 5는, SnCo막으로 이루어지는 흡수체막의 두께와 파장 13.5nm의 광에 대한 반사율의 관계를 나타내는 도면이다.
- 도 6은, 본 발명에 관한 반사형 마스크 블랭크의 다른 일례를 도시하는 주요부 단면 모식도이다.
- 도 7의 (a) 내지 (e)는, 도 6에 도시하는 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크를 제작하는 공정을 주요부 단면 모식도로 도시한 공정도이다.
- 도 8은, 본 발명에 관한 반사형 마스크 블랭크의 또 다른 일례를 도시하는 주요부 단면 모식도이다.
- 도 9의 (a) 내지 (e)는, 도 8에 도시하는 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크를 제작하는 공정을 주요부 단면 모식도로 도시한 공정도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0039] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대하여, 도면을 참조하면서 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 실시 형태는 본 발명을 구체화할 때의 일 형태이며, 본 발명을 그 범위 내에 한정하는 것은 아니다. 또한, 도면 중, 동일 또는 상당하는 부분에는 동일한 부호를 부여하여 그 설명을 간략화 내지 생략하는 경우가 있다.
- [0040] <반사형 마스크 블랭크의 구성 및 그 제조 방법>
- [0041] 도 1은, 본 발명의 실시 형태에 관한 반사형 마스크 블랭크(100)의 구성을 설명하기 위한 주요부 단면 모식도이다. 도 1에 도시되는 바와 같이, 반사형 마스크 블랭크(100)는, 기관(1)과, 제1 주면(표면)측에 형성된 노광광인 EUV광을 반사하는 다층 반사막(2)과, 당해 다층 반사막(2)을 보호하기 위해 마련되고, 후술하는 흡수체막(4)을 패터닝할 때 사용하는 에칭트나 세정액에 대하여 내성을 갖는 재료로 형성되는 보호막(3)과, EUV광을 흡수하는 흡수체막(4)을 갖고, 이들이 이 순으로 적층되는 것이다. 또한, 기관(1)의 제2 주면(이면)측에는 정전 적용의 이면 도전막(5)이 형성된다.
- [0042] 도 6은, 본 발명에 관한 반사형 마스크 블랭크의 다른 예를 도시하는 주요부 단면 모식도이다. 반사형 마스크 블랭크(300)는, 도 1에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(100)와 마찬가지로, 기관(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)과, 이면 도전막(5)을 구비한다. 도 6에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(300)는, 흡수체막(4) 상에, 흡수체막(4)을 에칭할 때 흡수체막(4)의 에칭 마스크로 되는 에칭 마스크막(6)을 더 갖고 있다. 또한, 에칭 마스크막(6)을 갖는 반사형 마스크 블랭크(300)를 사용하는 경우, 후술하는 바와 같이 흡수체막(4)에 전사 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(6)을 박리해도 된다.
- [0043] 도 8은, 본 발명에 관한 반사형 마스크 블랭크의 또 다른 예를 도시하는 주요부 단면 모식도이다. 반사형 마스크 블랭크(500)는, 도 6에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(300)와 마찬가지로, 기관(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)과, 에칭 마스크막(6)과, 이면 도전막(5)을 구비한다. 도 8에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(500)는, 보호막(3)과 흡수체막(4) 사이에, 흡수체막(4)을 에칭할 때 에칭 스톱퍼로 되는 에칭 스톱퍼막(7)을 더 갖고 있다. 또한, 에칭 마스크막(6) 및 에칭 스톱퍼막(7)을 갖는 반사형 마스크 블랭크(500)를 사용하는 경우, 후술하는 바와 같이, 흡수체막(4)에 전사 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(6) 및/또는 에칭 스톱퍼막(7)을 박리해도 된다.
- [0044] 또한, 상기 반사형 마스크 블랭크(100, 300 및 500)는, 이면 도전막(5)이 형성되어 있지 않은 구성을 포함한다. 또한, 상기 반사형 마스크 블랭크(100, 300 및 500)는, 도 2의 (a), 도 7의 (a) 및 도 9의 (a)에 도시하는 바와 같이, 흡수체막(4) 또는 에칭 마스크막(6) 상에 레지스트막(11)을 형성한 레지스트막 구비 마스크 블랭크의 구성을 포함한다.
- [0045] 본 명세서에 있어서, 예를 들어 「기관(1)의 주표면 상에 형성된 다층 반사막(2)」이라는 기재는, 다층 반사막

(2)이 기관(1)의 표면에 접하여 배치되는 것을 의미하는 경우 외에, 기관(1)과 다층 반사막(2) 사이에 다른 막을 갖는 것을 의미하는 경우도 포함한다. 다른 막에 대해서도 마찬가지이다. 또한, 본 명세서에 있어서, 예를 들어 「막 A가 막 B 상에 접하여 배치되는」이란, 막 A와 막 B 사이에 다른 막을 개재시키지 않고, 막 A와 막 B가 직접 접하도록 배치되어 있는 것을 의미한다.

[0046] 이하, 반사형 마스크 블랭크(100, 300 및 500)(간단히, 「반사형 마스크 블랭크(100)」라고 하는 경우가 있음)의 각 구성에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0047] <<기관>>

[0048] 기관(1)은, EUV광에 의한 노광 시의 열에 의한 흡수체 패턴의 변형을 방지하기 위해, $0 \pm 5 \text{ppb}/^\circ\text{C}$ 의 범위 내의 저열팽창 계수를 갖는 것이 바람직하게 사용된다. 이 범위의 저열팽창 계수를 갖는 소재로서는, 예를 들어 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 계 유리, 다성분계 유리 세라믹스 등을 사용할 수 있다.

[0049] 기관(1)의 전사 패턴(후술하는 흡수체 패턴(4a)이 이것을 구성함)이 형성되는 측의 제1 주면은, 적어도 패턴 전사 정밀도, 위치 정밀도를 얻는 관점에서 고평탄도로 되도록 표면 가공되어 있다. EUV 노광의 경우, 기관(1)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면의 $132\text{mm} \times 132\text{mm}$ 또는 $142\text{mm} \times 142\text{mm}$ 의 영역에 있어서, 평탄도가 $0.1\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 $0.05\mu\text{m}$ 이하, 특히 바람직하게는 $0.03\mu\text{m}$ 이하이다. 또한, 흡수체막(4)이 형성되는 측과 반대측의 제2 주면은, 노광 장치에 세팅할 때 정전 척으로 되는 면이다. 제2 주면의 $132\text{mm} \times 132\text{mm}$ 또는 $142\text{mm} \times 142\text{mm}$ 의 영역에 있어서, 평탄도가 $0.1\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 $0.05\mu\text{m}$ 이하, 특히 바람직하게는 $0.03\mu\text{m}$ 이하이다.

[0050] 또한, 기관(1)의 표면 평활도의 높이도 매우 중요한 항목이다. 전사용 흡수체 패턴(4a)이 형성되는 기관(1)의 제1 주면의 표면 조도는, 제곱 평균 평방근 조도(RMS)로 0.1nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, 표면 평활도는 원자간력 현미경으로 측정할 수 있다.

[0051] 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, 기관(1)은 65GPa 이상의 높은 영률을 갖고 있는 것이 바람직하다.

[0052] <<다층 반사막>>

[0053] 다층 반사막(2)은, 반사형 마스크(200, 400, 600)(간단히, 「반사형 마스크(200)」라고 하는 경우가 있음)에 있어서, EUV광을 반사하는 기능을 부여하는 것이며, 굴절률이 다른 원소를 주성분으로 하는 각 층이 주기적으로 적층된 다층막의 구성으로 되어 있다.

[0054] 일반적으로는, 고굴절률 재료인 경원소 또는 그의 화합물의 박막(고굴절률층)과, 저굴절률 재료인 중원소 또는 그의 화합물의 박막(저굴절률층)이 교대로 40 내지 60주기 정도 적층된 다층막이, 다층 반사막(2)으로서 사용된다. 다층막은, 기관(1)측으로부터 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순으로 적층한 고굴절률층/저굴절률층의 적층 구조를 1주기로 하여 복수 주기 적층해도 된다. 또한, 다층막은, 기관(1)측으로부터 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순으로 적층한 저굴절률층/고굴절률층의 적층 구조를 1주기로 하여 복수 주기 적층해도 된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최표면층, 즉 다층 반사막(2)의 기관(1)과 반대측의 표면층은 고굴절률층으로 하는 것이 바람직하다. 상술한 다층막에 있어서, 기관(1)으로부터 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순으로 적층한 고굴절률층/저굴절률층의 적층 구조를 1주기로 하여 복수 주기 적층하는 경우에는 최상층이 저굴절률층으로 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 더 형성하여 다층 반사막(2)으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 상술한 다층막에 있어서, 기관(1)측으로부터 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순으로 적층한 저굴절률층/고굴절률층의 적층 구조를 1주기로 하여 복수 주기 적층하는 경우에는, 최상층이 고굴절률층으로 되므로, 그대로어도 된다.

[0055] 본 실시 형태에 있어서, 고굴절률층으로서, 규소(Si)를 포함하는 층이 채용된다. Si를 포함하는 재료로서는, Si 단체 외에, Si에 붕소(B), 탄소(C), 질소(N) 및 산소(O)를 포함하는 Si 화합물이어도 된다. Si를 포함하는 층을 고굴절률층으로서 사용함으로써, EUV광의 반사율이 우수한 EUV 리소그래피용 반사형 마스크(200)가 얻어진다. 또한, 본 실시 형태에 있어서 기관(1)으로서 유리 기관이 바람직하게 사용된다. Si는 유리 기관과의 밀착성에 있어서도 우수하다. 또한, 저굴절률층으로서 몰리브덴(Mo), 루테튬(Ru), 로듐(Rh) 및 백금(Pt)으로부터 선택되는 금속 단체, 또는 이들의 합금이 사용된다. 예를 들어 파장 13nm 내지 14nm 의 EUV광에 대한 다층 반사막(2)으로서, 바람직하게는 Mo막과 Si막을 교대로 40 내지 60주기 정도 적층한 Mo/Si 주기 적층막이 사용

된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최상층인 고굴절률층을 규소(Si)로 형성하고, 당해 최상층(Si)과 Ru계 보호막(3) 사이에, 규소와 산소를 포함하는 규소 산화물층을 형성하도록 해도 된다. 이에 의해 마스크 세정 내성을 향상시킬 수 있다.

[0056] 이러한 다층 반사막(2)의 단독에서의 반사율은 통상 65% 이상이며, 상한은 통상 73%이다. 또한, 다층 반사막(2)의 각 구성층의 두께, 주기는, 노광 파장에 따라 적절하게 선택하면 되며, 브래그 반사 법칙을 만족하도록 선택된다. 다층 반사막(2)에 있어서 고굴절률층 및 저굴절률층은 각각 복수 존재한다. 고굴절률층끼리, 그리고 저굴절률층끼리의 두께가 동일하지 않아도 된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최표면의 Si층의 막 두께는, 반사율을 저하시키지 않는 범위에서 조정할 수 있다. 최표면의 Si(고굴절률층)의 막 두께는 3nm 내지 10nm로 할 수 있다.

[0057] 다층 반사막(2)의 형성 방법은 당해 기술 분야에 있어서 공지이다. 예를 들어 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 다층 반사막(2)의 각 층을 성막함으로써 형성할 수 있다. 상술한 Mo/Si 주기 다층막의 경우, 예를 들어 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 우선 Si 타깃을 사용하여 두께 4nm 정도의 Si막을 기판(1) 상에 성막하고, 그 후 Mo 타깃을 사용하여 두께 3nm 정도의 Mo막을 성막하고, 이것을 1주기로 하여 40 내지 60주기 적층하여 다층 반사막(2)을 형성한다(최표면의 층은 Si층으로 함). 또한, 다층 반사막(2)의 성막 시에, 이온원으로부터 크립톤(Kr) 이온 입자를 공급하여, 이온 빔 스퍼터링을 행함으로써 다층 반사막(2)을 형성하는 것이 바람직하다.

[0058] <<보호막>>

[0059] 본 발명의 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 다층 반사막(2)과 흡수체막(4) 사이에 보호막(3)을 갖는 것이 바람직하다.

[0060] 보호막(3)은, 후술하는 반사형 마스크(200)의 제조 공정에 있어서의 건식 에칭 및 세정으로부터 다층 반사막(2)을 보호하기 위해, 다층 반사막(2) 상에 형성된다. 또한, 전자선(EB)을 사용한 흡수체 패터닝(4a)의 흑색 결함 수정 시의 다층 반사막(2)의 보호도 겸비한다. 여기서, 도 1에서는 보호막(3)이 1층인 경우를 도시하고 있지만, 3층 이상의 적층 구조로 할 수도 있다. 예를 들어, 최하층과 최상층을, 상기 Ru를 함유하는 물질로 이루어지는 층으로 하고, 최하층과 최상층 사이에, Ru 이외의 금속, 혹은 합금을 개재시킨 보호막(3)으로 해도 상관없다. 예를 들어, 보호막(3)은 루테튬을 주성분으로서 포함하는 재료에 의해 구성될 수도 있다. 즉, 보호막(3)의 재료는 Ru 금속 단체여도 되고, Ru에 티타늄(Ti), 니오븀(Nb), 몰리브덴(Mo), 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 붕소(B), 란타넘(La), 코발트(Co) 및 레늄(Re) 등으로부터 선택되는 적어도 1종의 금속을 함유한 Ru 합금이어도 되며, 질소를 포함하고 있어도 상관없다. 이러한 보호막(3)은, 특히 흡수체막(4)을 Sn-X 합금의 아몰퍼스 금속 재료로 하고, 염소계 가스(Cl계 가스)의 건식 에칭으로 당해 흡수체막(4)을 패터닝하는 경우에 유효하다. 보호막(3)은, 염소계 가스를 사용한 건식 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 이상으로 되는 재료로 형성되는 것이 바람직하다.

[0061] 이 Ru 합금의 Ru 함유량은 50원자% 이상 100원자% 미만, 바람직하게는 80원자% 이상 100원자% 미만, 더욱 바람직하게는 95원자% 이상 100원자% 미만이다. 특히, Ru 합금의 Ru 함유량이 95원자% 이상 100원자% 미만인 경우에는, 보호막(3)으로의 다층 반사막(2)의 구성 원소(규소)의 확산을 억제하면서, EUV광의 반사율을 충분히 확보할 수 있다. 또한, 이 보호막(3)의 경우에는, 마스크 세정 내성, 흡수체막(4)을 에칭 가공하였을 때의 에칭 스톱퍼 기능, 및 다층 반사막(2)의 경시 변화 방지의 보호막(3)으로서의 기능을 겸비하는 것이 가능하게 된다.

[0062] EUV 리소그래피에서는, 노광광에 대하여 투명한 물질이 적으므로, 마스크 패턴면에 대한 이물 부착을 방지하는 EUV 펠리클이 기술적으로 간단하지는 않다. 이 점에서, 펠리클을 사용하지 않는 펠리클리스 운용이 주류로 되어 있다. 또한, EUV 리소그래피에서는, EUV 노광에 의해 마스크에 카본막이 퇴적되거나, 산화막이 성장하거나 하는 노광 콘타미네이션이 일어난다. 그 때문에, EUV 반사형 마스크(200)를 반도체 장치의 제조에 사용하고 있는 단계에서, 자주 세정을 행하여 마스크 상의 이물이나 콘타미네이션을 제거할 필요가 있다. 이 때문에, EUV 반사형 마스크(200)에서는, 광 리소그래피용의 투과형 마스크에 비하여 현격한 차이의 마스크 세정 내성이 요구되고 있다. Ti를 함유한 Ru계 보호막(3)을 사용하면, 황산, 황산과수(SPM), 암모니아, 암모니아과수(APM), OH 라디칼 세정수, 또는 농도가 10ppm 이하인 오존수 등의 세정액에 대한 세정 내성이 특히 높아, 마스크 세정 내성의 요구를 만족시키는 것이 가능하게 된다.

[0063] 이러한 Ru 또는 그의 합금 등에 의해 구성되는 보호막(3)의 두께는, 그 보호막(3)으로서의 기능을 다할 수 있는

한 특별히 제한되지 않는다. EUV광의 반사율의 관점에서, 보호막(3)의 두께는 바람직하게는 1.0nm 내지 8.0nm, 보다 바람직하게는 1.5nm 내지 6.0nm이다.

- [0064] 보호막(3)의 형성 방법으로서, 공지된 막 형성 방법과 마찬가지로 특별히 제한없이 채용할 수 있다. 구체적으로는 스퍼터링법 및 이온 빔 스퍼터링법을 들 수 있다.
- [0065] <<흡수체막>>
- [0066] 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 기관(1) 상에 다층 반사막(2) 및 흡수체막(4)을 이 순으로 갖는다. 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 재료는 아몰퍼스 금속을 포함하고, 아몰퍼스 금속은 주석(Sn) 및 소정의 원소를 포함한다. 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 막 두께는 55nm 이하이다.
- [0067] 구체적으로는, 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)에서는, 다층 반사막(2) 상, 또는 보호막(3) 상에, EUV광을 흡수하는 흡수체막(4)이 형성된다. 반사형 마스크(200)의 웨도잉 효과를 저감하기 위해서는, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 필요가 있다. 흡수체막(4)은, EUV광을 흡수하는 기능을 가지므로, 흡수체막(4)을 얇게 하기 위해서는, 흡수체막(4)의 재료의 EUV광을 흡수하는 기능이 높은 것이 필요하다. 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속은, 주석(Sn)을 포함하기 때문에 소외 계수가 높다. 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속이 주석(Sn)을 포함함으로써, 흡수체막(4)의 소외 계수 k 를 0.035 이상, 바람직하게는 0.045 이상으로 할 수 있다. 그 때문에, 본 실시 형태의 흡수체막(4)에서는, 55nm 이하라고 하는 얇은 막 두께의 경우에도 EUV광의 반사율이 낮다. 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용함으로써, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 할 수 있으므로, 반사형 마스크(200)의 웨도잉 효과를 보다 저감할 수 있다.
- [0068] 반사형 마스크(200)를 제조하기 위해서는, 반사형 마스크 블랭크(100)의 흡수체막(4)은, 건식 에칭에 의해 가공이 가능한 재료로 이루어지는 것이 필요하다. 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)의 흡수체막(4)은, 주석(Sn)의 원소를 함유하는 아몰퍼스 금속을 포함하는 재료로 이루어지므로, 흡수체막(4)을 건식 에칭하여 흡수체 패턴(4a)을 형성할 때, 패턴 형상을 양호하게 하거나 가공 특성을 향상시키는 것이 가능하게 된다.
- [0069] 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속으로서, 주석(Sn)의 원소에, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al), 구리(Cu), 아연(Zn) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소(X)를 첨가한 것을 들 수 있다. 본 명세서에서는 주석(Sn) 및 이들 원소(X)를 포함하는 합금(아몰퍼스 금속)을 「Sn-X 합금」이라고 하는 경우가 있다. 흡수체막(4)의 가공 특성을 향상시키기 위해, 흡수체막(4)은, 상술한 Sn-X 합금의 아몰퍼스 금속으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0070] 주석(Sn)은, 용점이 231℃로 열적 안정성이 낮으므로, 흡수체막의 재료로서 주석(Sn)만을 사용한 경우, 반사형 마스크(200)의 제조 시 및 EUV 노광 시의 열 내성에 우려가 있다. 또한, 주석(Sn)만으로 이루어지는 흡수체막은, 세정 내성이 낮다고 하는 문제가 생길 우려가 있다. 본 실시 형태의 흡수체막(4)은, 주석(Sn)과, 상술한 소정의 원소(X)의 합금화에 의해, 이러한 문제점을 개선할 수 있다.
- [0071] 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 주석(Sn)의 함유량은, 10원자% 이상 90원자% 이하인 것이 바람직하고, 20원자% 이상 85원자% 이하인 것이 보다 바람직하고, 30원자% 이상 75원자% 이하인 것이 더욱 바람직하다. 주석(Sn)의 함유량이 적은 경우에는, 높은 소외 계수 k 를 갖는 주석(Sn)의 배합에 의한 효과가 저하될 우려가 있다. 또한, 주석(Sn)의 함유량이 많은 경우에는, 주석(Sn)이 저용점이라고 하는 문제가 생길 우려가 있다. 따라서, 흡수체막(4)의 주석(Sn)의 함유량은, 상술한 범위임으로써, 높은 소외 계수 k 를 갖는 주석(Sn)의 배합에 의한 효과가 저하되지 않고, 주석(Sn)이 저용점인 것에 기인하는 문제가 생길 우려가 없는 흡수체막을 얻을 수 있다.
- [0072] 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속은, 주석(Sn)과, 탄탈(Ta), 크롬(Cr), 백금(Pt), 이리듐(Ir), 철(Fe), 금(Au), 알루미늄(Al) 및 아연(Zn)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 것이 바람직하다. 단체에서의 소외 계수가 약 0.03 내지 0.06인 Ta, Cr, Pt, Ir, Fe, Au, Al 및 Zn을 첨가 원소(X)로서 흡수체막(4)에 첨가한 경우의 함유량은, 60원자% 이하가 바람직하고, 50원자% 이하가 보다 바람직하고, 40원자% 이하가 더욱 바람직하다. 파장 13.5nm의 EUV광에 있어서의 흡수체막(4)의 소외 계수 k 는 0.035 미만으로 되지 않도록 조정하는 것이 필요하다. 흡수체막(4) 중의 상술한 첨가 원소(X)의 함유량이 상기 범위임으로써, 파장 13.5nm의 EUV광에 있어서의 흡수체막(4)의 소외 계수 k 가 0.035 미만으로 되지 않도록 조정할 수 있다.
- [0073] 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속은, 주석(Sn)과, 코발트(Co), 니켈(Ni), 안티몬(Sb), 구리(Cu) 및 은(Ag)으로부터 선택되는 적어도 1 이상의 원소를 함유하는 것이 바람직하다. Co, Ni, Sb, Cu 및 Ag는, 단체에서의 소외 계수 k 가 0.06 이상이다. 그 때문에, Co, Ni, Sb, Cu 및 Ag로부터 선택되는 적어

도 1 이상의 원소를, 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속에 첨가 원소(X)로서 첨가한 경우에는, 흡수체막(4)의 소외 계수 k가 0.035 이상으로 되도록 조정하기 쉽다. 또한, 그 첨가 원소(X)의 첨가에 의해, 흡수체막(4)의 소외 계수 k가 0.045 이상으로 되도록 조정하는 것도 가능하다. 나아가, 그 첨가 원소(X)의 첨가에 의해, 흡수체막(4)의 소외 계수 k를 0.055 이상으로 하는 것도 가능하다. 이 때문에, 가공 특성을 고려하여 첨가 원소(X)의 함유량을 많이 할 수 있다.

[0074] 특히, Ta 및 Cr은, 가공 특성이 양호하기 때문에, Ta 및 Cr을 첨가 원소(X)로서 바람직하게 사용할 수 있다. 흡수체막(4)의 재료에 포함되는 아몰퍼스 금속의 Ta 또는 Cr 함유량은, 흡수체막(4)의 박막화의 관점에서, 60원자% 이하가 바람직하고, 50원자% 이하가 보다 바람직하고, 40원자% 미만인 것이 더욱 바람직하고, 25원자% 미만이 보다 더 바람직하다. 또한, 가공 특성의 관점에서, 아몰퍼스 금속의 Ta 함유량 또는 Cr 함유량은, 15원자% 초과가 바람직하고, 20원자% 이상이 보다 바람직하다. Sn-X 합금의 첨가 원소(X)가 Ta인 경우에는, Sn과 Ta의 조성비(Sn:Ta)는 9:1 내지 1:9가 바람직하고, 4:1 내지 1:4가 보다 바람직하다. Sn과 Ta의 조성비를 2:1, 1:1 및 1:2로 하였을 때의 각 시료에 대하여 X선 회절 장치(XRD)에 의한 분석 및 단면 TEM 관찰을 행한 바, 모든 시료에 있어서, Sn 및 Ta 유래의 피크가 브로드하게 변화하였다. 이것은, 상기 Sn-Ta 합금이 아몰퍼스 구조로 되어 있었던 것을 나타낸다. 또한, Sn-X 합금의 첨가 원소(X)가 Cr인 경우에는, Sn과 Cr의 조성비(Sn:Cr)는 9:1 내지 1:9가 바람직하고, 4:1 내지 1:4가 보다 바람직하다. Sn-X 합금의 첨가 원소(X)가 Ni인 경우에는, Sn과 Ni의 조성비(Sn:Ni)는 9:1 내지 1:9가 바람직하고, 4:1 내지 1:4가 보다 바람직하다. 또한, Sn-X 합금의 첨가 원소(X)가 Co인 경우에는, Sn과 Co의 조성비(Sn:Co)는 9:1 내지 1:9가 바람직하고, 4:1 내지 1:4가 보다 바람직하다.

[0075] 또한, Sn-X 합금(아몰퍼스 금속)은, 상기 첨가 원소(X) 외에, 굴절률 및 소외 계수에 크게 영향을 주지 않는 범위에서, 질소(N), 산소(O), 탄소(C) 또는 붕소(B) 등의 다른 원소를 포함해도 된다. 에칭 속도를 빠르게 할 수 있으므로, 흡수체막(4)으로서 질소(N)를 포함한 Sn-X 합금을 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 질소(N)를 포함함으로써, 산화에 대한 내성이 향상되기 때문에, 경시적인 안정성을 향상시킬 수 있고, 포토마스크 가공 후의 산화를 방지할 수도 있다. Sn-X 합금(아몰퍼스 금속) 중의 질소(N)의 함유량은 2원자% 이상이 바람직하고, 5원자% 이상이 보다 바람직하다. 또한, Sn-X 합금 중의 질소(N)의 함유량은 55원자% 이하인 것이 바람직하고, 50%원자% 이하가 보다 바람직하다.

[0076] 흡수체막(4)은 단층의 막이어도 되고, 2층 이상의 복수의 막으로 이루어지는 다층막이어도 된다. 단층막의 경우에는, 마스크 블랭크 제조 시의 공정수를 삭감할 수 있으므로 생산 효율이 올라간다고 하는 특징이 있다.

[0077] 흡수체막(4)이 다층막인 경우에는, 예를 들어 기판(1)측으로부터 하층막과 상층막으로 이루어지는 2층 구조로 할 수 있다. 하층막은, EUV광의 소외 계수가 큰, Sn-X 합금의 아몰퍼스 금속으로 형성할 수 있다. 상층막은, Sn-X 합금의 아몰퍼스 금속에 산소(O)를 첨가한 재료로 형성할 수 있다. 상층막은, 예를 들어 DUV광을 사용한 마스크 패턴 검사 시의 반사 방지막으로 되도록, 그 광학 상수와 막 두께를 적당히 설정하는 것이 바람직하다. 상층막이 반사 방지막의 기능을 가짐으로써, 광을 사용한 마스크 패턴 검사 시의 검사 감도가 향상된다. 이와 같이, 다층막으로 함으로써 여러 기능을 부가시키는 것이 가능하게 된다. 흡수체막(4)이 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)인 경우에는, 흡수체막(4)을 다층막으로 함으로써 광학면에서의 조정 범위가 넓어져, 원하는 반사율을 얻기 쉬워진다. 흡수체막(4)이 2층 이상의 다층막인 경우, 다층막 중 1층을 Sn-X 합금의 아몰퍼스 금속으로 해도 된다.

[0078] 이러한 아몰퍼스 금속으로 이루어지는 흡수체막(4)은, DC 스퍼터링법이나 RF 스퍼터링법 등의 마그네트론 스퍼터링법과 같은 공지된 방법으로 형성할 수 있다. 또한, 타깃은 Sn-X 합금의 금속 타깃을 사용해도 되고, Sn 타깃과 첨가 원소(X)의 타깃을 사용한 코스퍼터링으로 할 수도 있다.

[0079] EUV광의 흡수를 목적으로 한 흡수체막(4)의 경우, 흡수체막(4)에 대한 EUV광의 반사율이 2% 이하, 바람직하게는 1% 이하로 되도록 막 두께가 설정된다. 또한, 웨딩 효과를 억제하기 위해, 흡수체막(4)의 막 두께는 55nm 이하, 바람직하게는 50nm 이하, 보다 바람직하게는 45nm 이하로 하는 것이 요구된다.

[0080] 흡수체막(4)의 막 두께와 흡수체막(4)의 표면에서의 EUV광의 반사율(%)의 관계를 얻기 위해, 도 3 내지 도 5에 도시하는 바와 같은 시뮬레이션을 행하였다. 도 3 내지 도 5에 도시하는 시뮬레이션에 사용한 구조는, 기판(1) 상에 Mo/Si 주기 막의 다층 반사막(2) 및 루테튬을 재료로 하는 보호막(3)(막 두께: 3.5nm)이 형성되고, 또한 흡수체막(4)을 형성한 구조이다. Mo/Si 주기 막의 다층 반사막(2)은, Si층의 막 두께를 4.2nm, Mo층의 막 두께를 2.8nm로 하고, 기판(1) 상에 단층의 Si층 및 단층의 Mo층을 1주기로 하여 40주기 적층하고, 최상층으로서 막 두께가 4.0nm인 Si층을 배치한 구조로 하였다.

- [0081] 도 3에 도시하는 바와 같이, 흡수체막(4)을 SnTa 합금막(원자수비로 Sn:Ta=50:50)으로 형성한 경우, 막 두께 32nm 내지 55nm의 범위에 있어서, 13.5nm의 EUV광의 반사율이 2% 이하로 되는 막 두께를 선택할 수 있다. 또한, 막 두께 39nm 내지 49nm의 범위에 있어서, 13.5nm의 EUV광의 반사율이 1% 이하로 되는 막 두께를 선택할 수 있다. 예를 들어, 막 두께를 39nm로 함으로써, 13.5nm의 EUV광의 반사율을 1%로 할 수 있다.
- [0082] 또한, 도 4에 도시하는 바와 같이, 흡수체막(4)을 SnNiN 합금막(원자수비로 Sn:Ni:N=45:45:10)으로 형성한 경우, 막 두께 24nm 내지 55nm의 범위에 있어서, 13.5nm의 EUV광의 반사율이 2% 이하로 되는 막 두께를 선택할 수 있다. 또한, 막 두께 31nm 내지 50nm의 범위에 있어서, 13.5nm의 EUV광의 반사율이 1% 이하로 되는 막 두께를 선택할 수 있다. 예를 들어, 막 두께를 40nm로 함으로써, 13.5nm의 EUV광의 반사율을 0.1%로 하는 것이 가능하다.
- [0083] 또한, 도 5에 도시하는 바와 같이, 흡수체막(4)을 SnCo 합금막(원자수비로 Sn:Co=50:50)으로 형성한 경우, 막 두께 24nm 내지 55nm의 범위에 있어서, 13.5nm의 EUV광의 반사율이 2% 이하로 되는 막 두께를 선택할 수 있다. 또한, 막 두께 31nm 내지 50nm의 범위에 있어서, 13.5nm의 EUV광의 반사율이 1% 이하로 되는 막 두께를 선택할 수 있다. 예를 들어, 막 두께를 40nm로 함으로써, 13.5nm의 EUV광의 반사율을 0.01%로 하는 것이 가능하다.
- [0084] 흡수체막(4)은, 바이너리형의 반사형 마스크 블랭크(100)로서 EUV광의 흡수를 목적으로 한 흡수체막(4)이어도 되고, 위상 시프트형의 반사형 마스크 블랭크(100)로서 EUV광의 위상차도 고려한 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)이어도 된다.
- [0085] 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)의 경우, 흡수체막(4)이 형성되어 있는 부분에서는, EUV광을 흡수하여 감광하면서 패턴 전사에 악영향이 없는 레벨로 일부의 광을 반사시킨다. 흡수체막(4)이 형성되어 있는 부분으로부터 반사하는 광은, 보호막(3)을 통하여 다층 반사막(2)으로부터 반사해 오는 필드부로부터의 반사광과 원하는 위상차를 형성한다. 흡수체막(4)은, 흡수체막(4)으로부터의 반사광과 다층 반사막(2)으로부터의 반사광의 위상차가 160° 내지 200° 로 되도록 형성된다. 180° 근방의 반전된 위상차의 광끼리 패턴 에지부에서 서로 간섭함으로써, 투영 광학상의 상 콘트라스트가 향상된다. 그 상 콘트라스트의 향상에 수반하여 해상도가 높아지고, 노광량 여유도, 초점 여유도 등의 노광에 관한 각종 여유도가 넓어진다. 패턴이나 노광 조건에 따라 다르지만, 일반적으로는, 이 위상 시프트 효과를 충분히 얻기 위한 반사율의 기준은, 절대 반사율로 1% 이상, 다층 반사막(2)(보호막(3) 구비)에 대한 반사비로 2% 이상이다.
- [0086] 또한, 흡수체막(4)의 에칭 가스는, Cl₂, SiCl₄, CHCl₃, CCl₄ 및 BCl₃ 등의 염소계 가스, 이들 염소계 가스로부터 선택된 2종류 이상의 혼합 가스, 염소계 가스와 He를 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스, 염소계 가스와 Ar을 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스를 사용할 수 있다. 다른 에칭 가스로서는 CF₄, CHF₃, C₂F₆, C₃F₆, C₄F₆, C₄F₈, CH₂F₂, CH₃F, C₃F₈, SF₆ 및 F₂ 등의 불소계 가스, 그리고 불소계 가스와 O₂를 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스 등으로부터 선택한 것을 사용할 수 있다. 또한, 에칭 가스로서는, 이들 가스와 산소 가스를 포함하는 혼합 가스 등을 사용할 수 있다.
- [0087] 예를 들어, 첨가 원소(X)로서, Ta, Cr, Co, Ni, Sb, Fe, Au 및 Al을 사용한 경우에는, 염소계 가스로 에칭하는 것이 바람직하다.
- [0088] 또한, 2층 구조의 흡수체막(4)인 경우, 상층막과 하층막의 에칭 가스를 다른 것으로 해도 된다. 예를 들어, 상층막의 에칭 가스는 CF₄, CHF₃, C₂F₆, C₃F₆, C₄F₆, C₄F₈, CH₂F₂, CH₃F, C₃F₈, SF₆ 및 F₂ 등의 불소계 가스, 그리고 불소계 가스와 O₂를 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스 등으로부터 선택한 것을 사용할 수 있다. 또한, 하층막의 에칭 가스는 Cl₂, SiCl₄, CHCl₃, CCl₄ 및 BCl₃ 등의 염소계 가스, 이들 염소계 가스로부터 선택된 2종류 이상의 혼합 가스, 염소계 가스와 He를 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스, 그리고 염소계 가스와 Ar을 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스로부터 선택한 것을 사용할 수 있다. 여기서, 에칭의 최종 단계에서 에칭 가스에 산소가 포함되어 있으면, Ru계 보호막(3)에 표면 거칠함이 생긴다. 이 때문에, Ru계 보호막(3)이 에칭에 노출되는 오버 에칭 단계에서는, 산소가 포함되어 있지 않은 에칭 가스를 사용하는 것이 바람직하다. 또한, 표면에 산화층이 형성된 흡수체막(4)의 경우, 제1 에칭 가스를 사용하여 산화층을 제거하고, 제2 에칭 가스를 사용하여 남은 흡수체막(4)을 건식 에칭하는 것이 바람직하다. 제1 에칭 가스는 BCl₃ 가스를 포함하는 염소계 가스로 하고, 제2 에칭 가스는 제1 에칭 가스와는 다른 Cl₂ 가스 등을 포함하는 염소계 가스로 할 수 있다. 이에 의해, 산화층을 용이하게 제거할 수 있고, 흡수체막(4)의 에칭 시간을 짧게 하는 것이 가능하게 된다.

- [0089] 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)(이에 의해 제작되는 반사형 마스크(200))에 따르면, 흡수체막(4)의 막 두께를 얇게 함으로써, 웨도잉 효과를 억제할 수 있으며, 또한 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴(4a)을, 측벽 조도가 적은 안정된 단면 형상으로 형성할 수 있다. 또한, 여러 금속과의 합금화에 의해, 주석(Sn) 합금의 용점을 대폭 높일 뿐만 아니라, 흡수체막(4)(흡수체 패턴(4a))의 세정 내성을 개선할 수 있다. 따라서, 이 구조의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여 제조된 반사형 마스크(200)는, 마스크 상에 형성되는 흡수체 패턴(4a) 자체를 미세하고 고정밀도로 형성할 수 있음과 함께, 웨도잉에 의한 전사 시의 정밀도 저하를 방지할 수 있다. 또한, 이 반사형 마스크(200)를 사용하여 EUV 리소그래피를 행함으로써, 미세하고 고정밀도의 반도체 장치의 제조 방법을 제공하는 것이 가능하게 된다.
- [0090] <<에칭 마스크막>>
- [0091] 도 6에 도시하는 바와 같이, 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(300)는, 흡수체막(4) 상에 에칭 마스크막(6)을 갖는 것이 바람직하다. 또한, 그 경우, 에칭 마스크막(6)은, 크롬(Cr)을 포함하는 재료 또는 규소(Si)를 포함하는 재료로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [0092] 에칭 마스크막(6)을 가짐으로써, 흡수체 패턴(4a)의 형성 시에, 레지스트막(11)의 막 두께를 얇게 할 수 있고, 전사 패턴을 고정밀도로 흡수체막(4)에 형성할 수 있다. 에칭 마스크막(6)의 재료로서는, 에칭 마스크막(6)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비가 높은 재료를 사용한다. 여기서, 「A에 대한 B의 에칭 선택비」란, 에칭을 행하고 싶지 않은 층(마스크로 되는 층)인 A와 에칭을 행하고 싶은 층인 B의 에칭 레이트의 비를 말한다. 구체적으로는 「A에 대한 B의 에칭 선택비=B의 에칭 속도/A의 에칭 속도」의 식에 의해 특정된다. 또한, 「선택비가 높은」이란, 비교 대상에 대하여, 상기 정의된 선택비의 값이 큰 것을 말한다. 에칭 마스크막(6)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비는 1.5 이상이 바람직하고, 3 이상이 더욱 바람직하다.
- [0093] 에칭 마스크막(6)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비가 높은 에칭 마스크막(6)의 재료로서는, 크롬 및 크롬 화합물의 재료를 들 수 있다. 이 경우, 흡수체막(4)은 불소계 가스 또는 염소계 가스로 에칭할 수 있다. 크롬 화합물로서는, Cr과, N, O, C, B 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료를 들 수 있다. 크롬 화합물로서는, 예를 들어 CrN, CrC, CrO, CrON, CrOC, CrCN, CrCON, CrBN, CrBC, CrBO, CrBC, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다. 염소계 가스에서의 에칭 선택비를 높이기 위해서는, 에칭 마스크막(6)을 실질적으로 산소를 포함하지 않는 재료로 하는 것이 바람직하다. 실질적으로 산소를 포함하지 않는 크롬 화합물로서, 예를 들어 CrN, CrC, CrCN, CrBN, CrBC 및 CrBCN 등을 들 수 있다. 에칭 마스크막(6)의 크롬 화합물의 Cr 함량은 50원자% 이상 100원자% 미만인 것이 바람직하고, 80원자% 이상 100원자% 미만인 것이 보다 바람직하다. 또한, 「실질적으로 산소를 포함하지 않는」이란, 크롬 화합물에 있어서의 산소의 함유량이 10원자% 이하, 바람직하게는 5원자% 이하인 것이 해당된다. 또한, 상기 재료는, 본 발명의 실시 형태의 효과가 얻어지는 범위에서, 크롬 이외의 금속을 함유할 수 있다.
- [0094] 또한, 흡수체막(4)을, 실질적으로 산소를 포함하지 않는 염소계 가스로 에칭하는 경우에는, 에칭 마스크막(6)으로서 규소 또는 규소 화합물의 재료를 사용할 수 있다. 규소 화합물로서는, Si와 N, O, C 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료, 그리고 규소 또는 규소 화합물에 금속을 포함하는 금속 규소(금속 실리사이드) 및 금속 규소 화합물(금속 실리사이드 화합물) 등의 재료를 들 수 있다. 규소를 포함하는 재료로서, 구체적으로는 SiO, SiN, SiON, SiC, SiCO, SiCN, SiCON, MoSi, MoSiO, MoSiN 및 MoSiON 등을 들 수 있다. 또한, 상기 재료는, 본 발명의 실시 형태의 효과가 얻어지는 범위에서, 규소 이외의 반금속 또는 금속을 함유할 수 있다.
- [0095] 염소계 가스를 사용한 건식 에칭에 있어서의 에칭 마스크막(6)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비를 1.5 이상으로 하기 위해서는, 흡수체막(4)의 첨가 원소(X)는 20원자% 이상인 것이 바람직하다.
- [0096] 에칭 마스크막(6)의 막 두께는, 전사 패턴을 고정밀도로 흡수체막(4)에 형성하는 에칭 마스크로서의 기능을 얻는 관점에서, 3nm 이상인 것이 바람직하다. 또한, 에칭 마스크막(6)의 막 두께는, 레지스트막(11)의 막 두께를 얇게 하는 관점에서, 15nm 이하인 것이 바람직하고, 10nm 이하가 보다 바람직하다.
- [0097] <<에칭 스톱퍼막>>
- [0098] 도 8에 도시하는 바와 같이, 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(500)에서는, 보호막(3)과 흡수체막(4) 사이에 에칭 스톱퍼막(7)을 형성해도 된다. 에칭 스톱퍼막(7)의 재료로서, 염소계 가스를 사용한 건식 에칭에 있어서의 에칭 스톱퍼막(7)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비(흡수체막(4)의 에칭 속도/에칭 스톱퍼막(7)의 에칭 속도)가 높은 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 재료로서는 크롬 및 크롬 화합물의 재료를 들 수

있다. 크롬 화합물로서는, Cr과, N, O, C, B 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료를 들 수 있다. 크롬 화합물로서는, 예를 들어 CrN, CrC, CrO, CrON, CrOC, CrCN, CrCON, CrBN, CrBC, CrBO, CrBC, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다. 염소계 가스에서의 에칭 선택비를 높이기 위해서는, 실질적으로 산소를 포함하지 않는 재료로 하는 것이 바람직하다. 실질적으로 산소를 포함하지 않는 크롬 화합물로서, 예를 들어 CrN, CrC, CrCN, CrBN, CrBC 및 CrBCN 등을 들 수 있다. 크롬 화합물의 Cr 함유량은 50원자% 이상 100원자% 미만인 것이 바람직하고, 80원자% 이상 100원자% 미만인 것이 보다 바람직하다. 또한, 에칭 스톱퍼막(7)의 재료는, 본 발명의 실시 형태의 효과가 얻어지는 범위에서, 크롬 이외의 금속을 함유할 수 있다.

[0099] 또한, 흡수체막(4)을 염소계 가스로 에칭하는 경우에는, 에칭 스톱퍼막(7)으로서는 규소 또는 규소 화합물의 재료를 사용할 수 있다. 규소 화합물로서는, Si와, N, O, C 및 H로부터 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 재료, 그리고 규소 또는 규소 화합물에 금속을 포함하는 금속 규소(금속 실리사이드) 또는 금속 규소 화합물(금속 실리사이드 화합물) 등의 재료를 들 수 있다. 규소를 포함하는 재료로서, 구체적으로는 SiO, SiN, SiON, SiC, SiCO, SiCN, SiCON, MoSi, MoSiO, MoSiN 및 MoSiON 등을 들 수 있다. 또한, 상기 재료는, 본 발명의 실시 형태의 효과가 얻어지는 범위에서, 규소 이외의 반금속 또는 금속을 함유할 수 있다.

[0100] 또한, 에칭 스톱퍼막(7)은, 상기 에칭 마스크막(6)과 동일한 재료로 형성하는 것이 바람직하다. 이 결과, 에칭 스톱퍼막(7)을 패터닝하였을 때 상기 에칭 마스크막(6)을 동시에 제거할 수 있다. 또한, 에칭 스톱퍼막(7)과 에칭 마스크막(6)을 크롬 화합물 또는 규소 화합물로 형성하고, 에칭 스톱퍼막(7)과 에칭 마스크막(6)의 조성비를 서로 다르게 해도 된다.

[0101] 에칭 스톱퍼막(7)의 막 두께는, 흡수체막(4)의 에칭 시에 보호막(3)에 손상을 주어 광학 특성이 바뀌는 것을 억제하는 관점에서, 2nm 이상인 것이 바람직하다. 또한, 에칭 스톱퍼막(7)의 막 두께는, 흡수체막(4)과 에칭 스톱퍼막(7)의 합계 막 두께를 얇게 하는 관점, 즉 흡수체 패턴(4a) 및 에칭 스톱퍼 패턴(7a)으로 이루어지는 패턴의 높이를 낮게 하는 관점에서, 7nm 이하인 것이 바람직하고, 5nm 이하가 보다 바람직하다.

[0102] 또한, 에칭 스톱퍼막(7) 및 에칭 마스크막(6)을 동시에 에칭하는 경우에는, 에칭 스톱퍼막(7)의 막 두께는, 에칭 마스크막(6)의 막 두께와 동일하거나 얇은 편이 바람직하다. 또한, (에칭 스톱퍼막(7)의 막 두께) ≤ (에칭 마스크막(6)의 막 두께)의 경우에는, (에칭 스톱퍼막(7)의 에칭 속도) ≤ (에칭 마스크막(6)의 에칭 속도)의 관계를 만족하는 것이 바람직하다.

[0103] <<이면 도전막>>

[0104] 기관(1)의 제2 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 들어 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 크롬 및 탄탈 등의 금속 또는 합금의 타겟을 사용하여 형성할 수 있다.

[0105] 이면 도전막(5)의 크롬(Cr)을 포함하는 재료는, Cr에 붕소, 질소, 산소 및 탄소로부터 선택한 적어도 하나를 함유한 Cr 화합물인 것이 바람직하다. Cr 화합물로서는, 예를 들어 CrN, CrON, CrCN, CrCON, CrBN, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다.

[0106] 이면 도전막(5)의 탄탈(Ta)을 포함하는 재료로서는, Ta(탄탈), Ta를 함유하는 합금, 또는 이들 중 어느 것에 붕소, 질소, 산소 및 탄소 중 적어도 하나를 함유한 Ta 화합물을 사용하는 것이 바람직하다. Ta 화합물로서는, 예를 들어 TaB, TaN, TaO, TaON, TaCON, TaBN, TaBO, TaBON, TaBCON, TaHf, TaHfO, TaHfN, TaHfON, TaHfCON, TaSi, TaSiO, TaSiN, TaSiON 및 TaSiCON 등을 들 수 있다.

[0107] 탄탈(Ta) 또는 크롬(Cr)을 포함하는 재료로서는, 그 표층에 존재하는 질소(N)가 적은 것이 바람직하다. 구체적으로는, 탄탈(Ta) 또는 크롬(Cr)을 포함하는 재료의 이면 도전막(5)의 표층의 질소 함유량은, 5원자% 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 질소 함유량이 적은 편이 내마모성이 높아지기 때문이다.

[0108] 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 내지 30원자%인 것이 바람직하다. 이면 도전막(5)의 성막에 사용하는 스퍼터링 타겟 중의 Ta 및 B의 비율(Ta:B)은 95:5 내지 70:30인 것이 바람직하다.

[0109] 이면 도전막(5)의 두께는, 정전 척용으로서의 기능을 만족하는 한 특별히 한정되지 않는다. 이면 도전막(5)의

두께는, 통상 10nm 내지 200nm이다. 또한, 이 이면 도전막(5)은 마스크 블랭크(100)의 제2 주면측의 응력 조정도 겸비하고 있다. 그 때문에, 이면 도전막(5)의 막 두께는, 제1 주면측에 형성된 각종 막으로부터의 응력과 균형을 취하여, 평탄한 반사형 마스크 블랭크(100)가 얻어지도록 조정되어 있다.

[0110] <반사형 마스크 및 그 제조 방법>

[0111] 본 실시 형태의 반사형 마스크(200)는, 상술한 반사형 마스크 블랭크(100)에 있어서의 흡수체막(4)이 패터닝된 흡수체 패턴(4a)을 갖는다. 상술한 반사형 마스크 블랭크(100)의 흡수체막(4)을, 염소계 가스를 사용한 건식 에칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있다.

[0112] 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 반사형 마스크(200)를 제조할 수 있다. 도 2에, 도 1에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 도 2의 (d)에 도시하는 반사형 마스크(200)를 제조하는 경우의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0113] 도 2에 도시하는 본 실시 형태의 반사형 마스크(200)의 제조 방법에서는, 반사형 마스크 블랭크(100)를 준비하고, 그 제1 주면의 흡수체막(4) 상에 레지스트막(11)을 형성한다(도 2의 (a)). 단, 반사형 마스크 블랭크(100)로서 레지스트막(11)을 구비하고 있는 경우에는, 이 공정은 불필요하다. 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성한다(도 2의 (b)).

[0114] 본 실시 형태의 제조 방법에서는, 이 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여 흡수체막(4)을 에칭하여 흡수체 패턴(4a)을 형성한다(도 2의 (c)). 레지스트 패턴(11a)을 애싱 또는 레지스트 박리액 등으로 제거함으로써 흡수체 패턴(4a)이 형성된다(도 2의 (d)). 마지막으로, 산성이나 알칼리성 수용액을 사용한 웨트 세정을 행한다.

[0115] 여기서, 흡수체막(4)의 에칭 가스는, 흡수체막(4)의 재료에 따라, 상술한 염소계 가스 또는 불소계 가스 등이 사용된다. 흡수체막(4)의 에칭에 있어서, 에칭 가스에 실질적으로 산소가 포함되어 있지 않은 것이 바람직하다. 에칭 가스에 실질적으로 산소가 포함되어 있지 않은 경우에는, Ru계 보호막(3)에 표면 거칠함이 생기는 일이 없기 때문이다. 이 산소가 실질적으로 포함되어 있지 않은 가스로서는, 가스 중의 산소의 함유량이 5원자% 이하인 것이 해당된다.

[0116] 도 6에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(300)는 에칭 마스크막(6)을 갖는다. 도 7에, 도 6에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(300)를 사용하여, 도 7의 (e)에 도시하는 반사형 마스크(400)를 제조하는 경우의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0117] 도 7에 도시하는 본 실시 형태의 반사형 마스크(400)의 제조 방법에서는, 반사형 마스크 블랭크(300)를 준비하고, 그 제1 주면의 에칭 마스크막(6) 상에 레지스트막(11)을 형성한다(도 7의 (a)). 단, 반사형 마스크 블랭크(300)로서 레지스트막(11)을 구비하고 있는 경우에는, 이 공정은 불필요하다. 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성한다(도 7의 (b)).

[0118] 본 실시 형태의 제조 방법에서는, 이 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여 에칭 마스크막(6)을 에칭하여 에칭 마스크 패턴(6a)을 형성한다(도 7의 (c)).

[0119] 레지스트 패턴(11a)을 산소 애싱 또는 열황산 등의 웨트 처리로 박리한다. 다음에, 에칭 마스크 패턴(6a)을 마스크로 하여 흡수체막(4)을 에칭하여 흡수체 패턴(4a)을 형성한다(도 7의 (d)). 에칭 마스크 패턴(6a)을 에칭에 의해 박리·제거함으로써, 흡수체 패턴(4a)이 형성된 반사형 마스크(400)를 얻는다(도 7의 (e)). 마지막으로, 산성이나 알칼리성 수용액을 사용한 웨트 세정을 행한다.

[0120] 도 8에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(500)는, 에칭 마스크막(6) 및 에칭 스톱퍼막(7)을 갖는다. 도 9에, 도 8에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(500)를 사용하여, 도 9의 (e)에 도시하는 반사형 마스크(600)를 제조하는 경우의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0121] 도 9에 도시하는 본 실시 형태의 반사형 마스크(600)의 제조 방법에서는, 반사형 마스크 블랭크(100)를 준비하고, 그 제1 주면의 에칭 마스크막(6) 상에 레지스트막(11)을 형성한다(도 9의 (a)). 단, 반사형 마스크 블랭크(500)로서 레지스트막(11)을 구비하고 있는 경우에는, 이 공정은 불필요하다. 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성한다(도 9의 (b)).

[0122] 본 실시 형태의 제조 방법에서는, 이 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여 에칭 마스크막(6)을 에칭하여 에칭 마스크 패턴(6a)을 형성한다(도 9의 (c)).

[0123] 레지스트 패턴(11a)을 산소 애싱 또는 열황산 등의 웨트 처리로 박리한다. 다음에, 에칭 마스크 패턴(6a)을 마

스크로 하여 흡수체막(4)을 에칭하여 흡수체 패턴(4a)을 형성한다(도 9의 (d)). 에칭 스토퍼막(7)을 패터닝함과 함께, 에칭 마스크 패턴(6a)을 동시에 제거함으로써, 에칭 스토퍼 패턴(7a) 및 흡수체 패턴(4a)이 형성된 반사형 마스크(600)를 얻는다(도 9의 (e)). 마지막으로, 산성이나 알칼리성 수용액을 사용한 웨트 세정을 행한다.

[0124] 이상의 공정에 의해, 웨도잉 효과가 적으며, 또한 측벽 조도가 적은 고정밀도 미세 패턴을 갖는 반사형 마스크(200, 400, 600)가 얻어진다.

[0125] <반도체 장치의 제조 방법>

[0126] 본 발명의 실시 형태의 반도체 장치의 제조 방법은, EUV광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 상술한 반사형 마스크(200)를 세팅하고, 피전사 기관 상에 형성되어 있는 레지스트막에 전사 패턴을 전사하는 공정을 갖는다.

[0127] 상기 본 실시 형태의 반사형 마스크(200)를 사용하여 EUV 노광을 행함으로써, 반도체 기관 상에 반사형 마스크(200) 상의 흡수체 패턴(4a)에 기초하는 원하는 전사 패턴을, 웨도잉 효과에 의한 전사 치수 정밀도의 저하를 억제하여 형성할 수 있다. 또한, 흡수체 패턴(4a)이, 측벽 조도가 적은 미세하고 고정밀도의 패턴이기 때문에, 높은 치수 정밀도로 원하는 패턴을 반도체 기관 상에 형성할 수 있다. 이 리소그래피 공정에 추가하여, 피가공막의 에칭, 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐링 등 다양한 공정을 거침으로써, 원하는 전자 회로가 형성된 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0128] 더 자세하게 설명하면, EUV 노광 장치는, EUV광을 발생시키는 레이저 플라즈마 광원, 조명 광학계, 마스크 스테이지계, 축소 투영 광학계, 웨이퍼 스테이지계 및 진공 설비 등으로 구성된다. 광원에는 파편 트랩 기능과 노광광 이외의 장파장의 광을 컷하는 컷 필터 및 진공 차동 배기용 설비 등이 구비되어 있다. 조명 광학계와 축소 투영 광학계는 반사형 미러로 구성된다. EUV 노광용 반사형 마스크(200)는, 그 제2 주면에 형성된 도전막에 의해 정전 흡착되어 마스크 스테이지에 적재된다.

[0129] EUV 광원의 광은, 조명 광학계를 통하여 반사형 마스크(200) 수직면에 대하여 6° 내지 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)되어, 통상 1/4의 축소비를 갖는 반사형 투영 광학계로 유도되고, 웨이퍼 스테이지 상에 적재된 웨이퍼(반도체 기관) 상의 레지스트에 대한 노광이 행해진다. 그 동안, 적어도 EUV광이 통과하는 장소는 진공 배기된다. 또한, 이 노광 시에는, 마스크 스테이지와 웨이퍼 스테이지를 축소 투영 광학계의 축소비에 따른 속도로 동기시켜 스캔하고, 슬릿을 통하여 노광을 행하는 스캔 노광이 주류로 되어 있다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 반도체 기관 상에 레지스트 패턴을 형성할 수 있다. 본 발명의 실시 형태에서는, 웨도잉 효과가 작은 박막이고, 게다가 측벽 조도가 적은 고정밀도의 흡수체 패턴(4a)을 갖는 마스크가 사용되고 있다. 이 때문에, 반도체 기관 상에 형성된 레지스트 패턴은 높은 치수 정밀도를 갖는 원하는 것으로 된다. 그리고, 이 레지스트 패턴을 마스크로서 사용하여 에칭 등을 실시함으로써, 예를 들어 반도체 기관 상에 소정의 배선 패턴을 형성할 수 있다. 이러한 노광 공정이나 피가공막 가공 공정, 절연막이나 도전막의 형성 공정, 도펀트 도입 공정, 혹은 어닐링 공정 등 기타의 필요한 공정을 거침으로써 반도체 장치가 제조된다.

[0130] **실시예**

[0131] 이하, 실시예에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다. 또한, 실시예에 있어서 마찬가지로의 구성 요소에 대해서는 동일한 부호를 사용하고, 설명을 간략화 혹은 생략한다.

[0132] [실시예 1]

[0133] 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 도 1에 도시하는 바와 같이, 이면 도전막(5)과, 기관(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)을 갖는다. 흡수체막(4)은 SnTa의 아몰퍼스 합금의 재료로 이루어진다. 그리고, 도 2의 (a)에 도시하는 바와 같이, 흡수체막(4) 상에 레지스트막(11)을 형성한다. 도 2의 (a) 내지 (d)는, 반사형 마스크 블랭크(100)로부터 반사형 마스크(200)를 제작하는 공정을 도시하는 주요부 단면 모식도이다.

[0134] 우선, 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)에 대하여 설명한다.

[0135] 제1 주면 및 제2 주면의 양쪽 주표면이 연마된 6025사이즈(약 152mm×152mm×6.35mm)의 저열팽창 유리 기관인

SiO₂-TiO₂계 유리 기판을 준비하여 기판(1)으로 하였다. 평탄하고 평활한 주표면으로 되도록, 초벌 연마 가공 공정, 정밀 연마 가공 공정, 국소 가공 공정 및 터치 연마 가공 공정으로 이루어지는 연마를 행하였다.

- [0136] SiO₂-TiO₂계 유리 기판(1)의 제2 주면(이면)에, CrN막으로 이루어지는 이면 도전막(5)을 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해 하기의 조건에서 형성하였다.
- [0137] 이면 도전막(5)의 형성 조건: Cr 타깃, Ar과 N₂의 혼합 가스 분위기(Ar: 90%, N: 10%), 막 두께 20nm.
- [0138] 다음에, 이면 도전막(5)이 형성된 측과 반대측의 기판(1)의 주표면(제1 주면) 상에, 다층 반사막(2)을 형성하였다. 기판(1) 상에 형성되는 다층 반사막(2)은, 파장 13.5nm의 EUV광에 적합한 다층 반사막(2)으로 하기 위해, Mo와 Si로 이루어지는 주기 다층 반사막으로 하였다. 다층 반사막(2)은, Mo 타깃과 Si 타깃을 사용하여, Ar 가스 분위기 중에서 이온 빔 스퍼터링법에 의해 기판(1) 상에 Mo층 및 Si층을 교대로 적층하여 형성하였다. 우선, Si막을 4.2nm의 두께로 성막하고, 계속해서 Mo막을 2.8nm의 두께로 성막하였다. 이것을 1주기로 하여, 마찬가지로 하여 40주기 적층하고, 마지막에 Si막을 4.0nm의 두께로 성막하여 다층 반사막(2)을 형성하였다. 여기서는 40주기로 하였지만, 이것에 한정되는 것은 아니며, 예를 들어 60주기여도 된다. 60주기로 한 경우, 40주기보다 공정수는 증가하지만, EUV광에 대한 반사율을 높일 수 있다.
- [0139] 다음에, Ar 가스 분위기 중에서, Ru 타깃을 사용한 이온 빔 스퍼터링법에 의해 Ru막으로 이루어지는 보호막(3)을 2.5nm의 두께로 성막하였다.
- [0140] 다음에, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, SnTa막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 형성하였다. SnTa막은, SnTa 타깃을 사용하여, Ar 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로 39.0nm의 막 두께로 성막하였다.
- [0141] SnTa막의 원소 비율은 Sn이 50원자%, Ta가 50원자%였다. 또한, SnTa막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정된 바, 아몰퍼스 구조였다. 또한, SnTa막의 파장 13.5nm에 있어서의 굴절률 n은 약 0.930, 소외 계수 k는 약 0.054였다.
- [0142] 상기 SnTa막으로 이루어지는 흡수체막(4)의 파장 13.5nm에 있어서의 반사율은 1%였다.
- [0143] 상기 SnTa막으로 이루어지는 흡수체막(4)의 SPM(Sulfuric-acid and hydrogen-peroxide mixture) 세정에 의해, 세정 내성 평가를 실시하였다. SPM 세정의 조건은, 황산:과산화수소수=2:1(체적비), 온도 80 내지 100℃, 침지 시간 30분으로 하였다. SnTa막의 세정 내성은 양호하고, 막 감소는 보이지 않았다.
- [0144] 다음에, 상기 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 실시예 1의 반사형 마스크(200)를 제조하였다.
- [0145] 전술한 바와 같이, 반사형 마스크 블랭크(100)의 흡수체막(4) 상에, 레지스트막(11)을 150nm의 두께로 형성하였다(도 2의 (a)). 그리고, 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성하였다(도 2의 (b)). 다음에, 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여, SnTa막(흡수체막(4))의 건식 에칭을 Cl₂ 가스를 사용하여 행함으로써 흡수체 패턴(4a)을 형성하였다(도 2의 (c)). 상기 SnTa막은 건식 에칭에 대하여 충분한 내성을 갖고 있고, 용해되지 않고, 패턴을 형성할 수 있었다.
- [0146] 그 후, 레지스트 패턴(11a)을 애싱이나 레지스트 박리액 등으로 제거하였다. 마지막에 순수(DIW)를 사용한 웨트 세정을 행하여 반사형 마스크(200)를 제조하였다(도 2의 (d)). 또한, 필요에 따라 웨트 세정 후 마스크 결합 검사를 행하여, 마스크 결합 수정을 적절하게 행할 수 있다.
- [0147] 실시예 1의 반사형 마스크(200)에서는, SnTa막 상의 레지스트막(11)에 대하여 전자선 묘화를 행해도, 설계값대로의 패턴을 묘화할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한, SnTa막이 아몰퍼스 합금이기 때문에, 염소계 가스에서의 가공성이 좋고, 높은 정밀도로 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있었다. 또한, 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 39.0nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다 얇게 할 수 있었으므로, 웨도잉 효과를 저감할 수 있었다.
- [0148] 실시예 1에서 제작한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세팅하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 상기 SnTa막은 EUV 노광에 대하여 충분한 내성을 갖고 있었다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성하였다.
- [0149] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또한 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고

어닐링 등 다양한 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.

[0150] [실시에 2]

[0151] 실시예 2는, 흡수체막(4)을 SnNiN의 아몰퍼스 합금으로 한 경우의 실시예이며, 그 이외는 실시예 1과 마찬가지로 이다.

[0152] 즉, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, SnNiN막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 형성하였다. SnNiN막은, SnNi 타깃을 사용하여, Ar/N₂ 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로 40.0nm의 막 두께로 성막하였다.

[0153] SnNiN막의 원소 비율은 Sn이 45원자%, Ni가 45원자%, N이 10원자%였다. 또한, SnNi막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정된 바, 아몰퍼스 구조였다. 또한, SnNiN막의 파장 13.5nm에 있어서의 굴절률 n은 약 0.935, 소피 계수 k는 약 0.066이었다.

[0154] 상기 SnNiN막으로 이루어지는 흡수체막(4)의 파장 13.5nm에 있어서의 반사율은 0.1%였다.

[0155] 실시예 1과 마찬가지로 SnNiN막의 SPM 세정 내성은 양호하고, 막 감소는 보이지 않았다.

[0156] 또한, 실시예 1과 마찬가지로 실시예 2의 반사형 마스크(200) 및 반도체 장치를 제조한 바, 실시예 1과 마찬가지로 양호한 결과가 얻어졌다.

[0157] 즉, 실시예 2의 반사형 마스크(200)에서는, 실시예 1과 마찬가지로 레지스트막(11)에 대하여 전자선 묘화를 행해도, 설계값대로의 패턴을 묘화할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 흡수체막(4)이 아몰퍼스 합금이기 때문에, 염소계 가스에서의 가공성이 좋고, 높은 정밀도로 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있었다. 실시예 2의 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 40.0nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다 얇게 할 수 있었으므로, 웨도잉 효과를 저감할 수 있었다. 그 때문에, 실시예 2에서 제작한 반사형 마스크(200)를 사용함으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.

[0158] [실시에 3]

[0159] 실시예 3은, 흡수체막(4)을 SnCo막의 아몰퍼스 금속으로 한 경우의 실시예이며, 그 이외는 실시예 1과 마찬가지 이다.

[0160] 즉, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, SnCo막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 형성하였다. SnCo막은, SnCo 타깃을 사용하여, Ar 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로 40.0nm의 막 두께로 성막하였다.

[0161] SnCo막의 원소 비율은 Sn이 50원자%, Co가 50원자%였다. 또한, SnCo막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정된 바, 아몰퍼스 구조였다. 또한, SnCo막의 파장 13.5nm에 있어서의 굴절률 n은 약 0.925, 소피 계수 k는 약 0.070이었다.

[0162] 상기 SnCo막으로 이루어지는 흡수체막(4)의 파장 13.5nm에 있어서의 반사율은 0.009%였다.

[0163] 실시예 1과 마찬가지로 SnCo막의 SPM 세정 내성은 양호하고, 막 감소는 보이지 않았다.

[0164] 또한, 실시예 1과 마찬가지로 실시예 3의 반사형 마스크(200) 및 반도체 장치를 제조한 바, 실시예 1과 마찬가지로 양호한 결과가 얻어졌다.

[0165] 즉, 실시예 3의 반사형 마스크(200)에서는, 실시예 1과 마찬가지로 레지스트막(11)에 대하여 전자선 묘화를 행해도, 설계값대로의 패턴을 묘화할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 흡수체막(4)이 아몰퍼스 합금이기 때문에, 염소계 가스에서의 가공성이 좋고, 높은 정밀도로 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있었다. 실시예 3의 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 40.0nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다 얇게 할 수 있었으므로, 웨도잉 효과를 저감할 수 있었다. 그 때문에, 실시예 3에서 제작한 반사형 마스크(200)를 사용함으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.

[0166] [실시에 4]

[0167] 실시예 4는, 흡수체막(4)을 SnTa막의 아몰퍼스 금속으로 하고 실시예 1의 원소 비율 및 막 두께를 바꾼 경우의 실시예이며, 그 이외는 실시예 1과 마찬가지이다.

[0168] 즉, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해, SnTa막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 형성하였다. SnTa막은, SnTa 타깃을 사용하여, Ar 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로 32.7nm의 막 두께로 성막하였다.

- [0169] SnTa막의 원소 비율은 Sn이 67원자%, Ta가 33원자%였다. 또한, SnTa막의 결정 구조를 X선 회절 장치(XRD)에 의해 측정된 바, 아몰퍼스 구조였다. 또한, SnTa막의 파장 13.5nm에 있어서의 굴절률 n은 약 0.928, 소실 계수 k는 약 0.055였다.
- [0170] 상기 SnTa막으로 이루어지는 흡수체막(4)의 파장 13.5nm에 있어서의 반사율은 1.1%였다.
- [0171] 실시예 1과 마찬가지로 SnTa막의 SPM 세정 내성은 양호하고, 막 감소는 보이지 않았다.
- [0172] 또한, 실시예 1과 마찬가지로 실시예 4의 반사형 마스크(200) 및 반도체 장치를 제조한 바, 실시예 1과 마찬가지로 양호한 결과가 얻어졌다.
- [0173] 즉, 실시예 4의 반사형 마스크(200)에서는, 실시예 1과 마찬가지로 레지스트막(11)에 대하여 전자선 묘화를 행해도, 설계값대로의 패턴을 묘화할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 흡수체막(4)이 아몰퍼스 합금이기 때문에, 염소계 가스에서의 가공성이 좋고, 높은 정밀도로 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있었다. 실시예 4의 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 32.7nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다 얇게 할 수 있었으므로, 웨도잉 효과를 저감할 수 있었다. 그 때문에, 실시예 4에서 제작한 반사형 마스크(200)를 사용함으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0174] [실시예 5]
- [0175] 실시예 5는, 도 6에 도시하는 바와 같이, 에칭 마스크막(6)을 구비한 반사형 마스크 블랭크(300)로 하였다. 실시예 5는, 흡수체막(4)을 SnTa의 아몰퍼스 합금으로 하고, 흡수체막(4) 상에 CrN막으로 이루어지는 에칭 마스크막(6)을 마련한 경우의 실시예이며, 그 이외는 실시예 1과 마찬가지로 한다.
- [0176] 실시예 1과 마찬가지로 하여 제작한 흡수체막 구비 기판에 대하여, 에칭 마스크막(6)으로서 CrN막을 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해 하기의 조건에서 형성하고, 실시예 5의 반사형 마스크 블랭크(300)를 얻었다.
- [0177] 에칭 마스크막(6)의 형성 조건: Cr 타겟, Ar과 N₂의 혼합 가스 분위기(Ar: 90%, N: 10%), 막 두께 10nm.
- [0178] 러더포드 후방 산란 분석법에 의해 에칭 마스크막(6)의 원소 조성을 측정된 바, Cr: 90원자%, N: 10원자%였다.
- [0179] 다음에, 상기 실시예 5의 반사형 마스크 블랭크(300)를 사용하여, 실시예 5의 반사형 마스크(400)를 제조하였다.
- [0180] 반사형 마스크 블랭크(300)의 에칭 마스크막(6) 상에 레지스트막(11)을 100nm의 두께로 형성하였다(도 7의 (a)). 그리고, 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성하였다(도 7의 (b)). 다음에, 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여, CrN막(에칭 마스크막(6))의 건식 에칭을, Cl₂ 가스와 O₂의 혼합 가스(Cl₂+O₂ 가스)를 사용하여 행함으로써, 에칭 마스크 패턴(6a)을 형성하였다(도 7의 (c)). 다음에, SnTa막(흡수체막(4))의 건식 에칭을 Cl₂ 가스를 사용하여 행함으로써 흡수체 패턴(4a)을 형성하였다. 레지스트 패턴(11a)을 애싱이나 레지스트 박리액 등으로 제거하였다(도 7의 (d)).
- [0181] 그 후, 에칭 마스크 패턴(6a)을 Cl₂ 가스와 O₂의 혼합 가스를 사용한 건식 에칭에 의해 제거하였다(도 7의 (e)). 마지막으로 순수(DIW)를 사용한 웨트 세정을 행하여, 실시예 5의 반사형 마스크(400)를 제조하였다.
- [0182] 흡수체막(4) 상에 에칭 마스크막(6)이 형성되어 있음으로써, 흡수체막(4)을 용이하게 에칭할 수 있었다. 또한, 전자 패턴을 형성하기 위한 레지스트막(11)을 박막화할 수 있고, 미세 패턴을 갖는 반사형 마스크(400)가 얻어졌다.
- [0183] 실시예 5의 반사형 마스크(400)에서는, SnTa막 상의 레지스트막(11)에 대하여 전자선 묘화를 행해도, 설계값대로의 패턴을 묘화할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한, SnTa막이 아몰퍼스 합금임과 함께, 흡수체막(4) 상에 에칭 마스크막(6)을 마련하고 있기 때문에, 높은 정밀도로 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있었다. 또한, 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 39.0nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막(4)보다 얇게 할 수 있고, 웨도잉 효과를 저감할 수 있었다.
- [0184] 실시예 5에서 제작한 반사형 마스크(400)를 EUV 스캐너에 세팅하고, 반도체 기판 상에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대하여 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이

형성된 반도체 기판 상에 레지스트 패턴을 형성하였다.

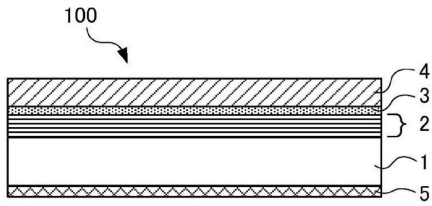
- [0185] 이 레지스트 패턴을 에칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또한 절연막 및 도전막의 형성, 도펀트의 도입, 그리고 어닐링 등 다양한 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0186] [비교예 1]
- [0187] 비교예 1에서는, 흡수체막(4)으로서 단층의 TaBN막을 사용한 것 이외에는, 실시예 1과 마찬가지로의 구조와 방법으로, 반사형 마스크 블랭크(100), 반사형 마스크(200)를 제조하고, 또한 실시예 1과 마찬가지로의 방법으로 반도체 장치를 제조하였다.
- [0188] 단층의 TaBN막은, 실시예 1의 마스크 블랭크 구조의 보호막(3) 상에 SnTa막 대신에 형성하였다. TaBN막은, TaB 혼합 소결 타깃을 사용하여, Ar 가스와 N₂ 가스의 혼합 가스 분위기에서 반응성 스퍼터링으로 62nm의 막 두께로 성막하였다.
- [0189] TaBN막의 원소 비율은, Ta가 75원자%, B가 12원자%, N이 13원자%였다. TaBN막의 파장 13.5nm에 있어서의 굴절률 n은 약 0.949, 소쇠 계수 k는 약 0.030이었다.
- [0190] 상기 단층의 TaBN막으로 이루어지는 흡수체막(4)의 파장 13.5nm에 있어서의 반사율은 1.4%였다. TaBN막의 경우, 소쇠 계수 k는 약 0.030으로 낮으므로, 반사율을 2% 이하로 하기 위해서는 막 두께를 60nm 이상으로 할 필요가 있다. 따라서, 흡수체막(4)으로서 TaBN막을 사용한 경우에는, 웨도잉 효과를 저감하는 것이 곤란하다.
- [0191] 그 후, 실시예 1과 마찬가지로의 방법으로, 레지스트막(11)을 TaBN막으로 이루어지는 흡수체막(4) 상에 형성하고, 원하는 패턴 묘화(노광) 및 현상, 린스를 행하여 레지스트 패턴(11a)을 형성하였다. 그리고, 이 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여, TaBN막으로 이루어지는 흡수체막(4)을, 염소 가스를 사용하여 건식 에칭하여 흡수체 패턴(4a)을 형성하였다. 레지스트 패턴(11a) 제거나 마스크 세정 등도 실시예 1과 동일한 방법으로 행하여, 비교예 1의 반사형 마스크(200)를 제조하였다.
- [0192] 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 62nm이며, 웨도잉 효과를 저감할 수 없었다. 즉, 비교예 1의 반사형 마스크(200)에서는, 레지스트막(11)에 대하여 전자선 묘화를 행한 경우, 웨도잉 효과에 의한 설계값으로부터의 어긋남을 확인하였다.

부호의 설명

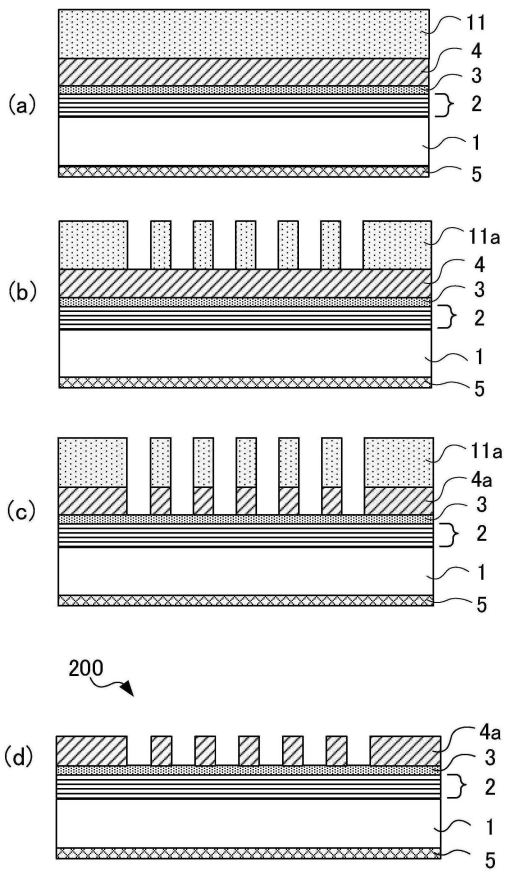
- [0193] 1: 기판
- 2: 다층 반사막
- 3: 보호막
- 4: 흡수체막
- 4a: 흡수체 패턴
- 5: 이면 도전막
- 6: 에칭 마스크막
- 6a: 에칭 마스크 패턴
- 7: 에칭 스톱퍼막
- 7a: 에칭 스톱퍼 패턴
- 11: 레지스트막
- 11a: 레지스트 패턴
- 100, 300, 500: 반사형 마스크 블랭크
- 200, 400, 600: 반사형 마스크

도면

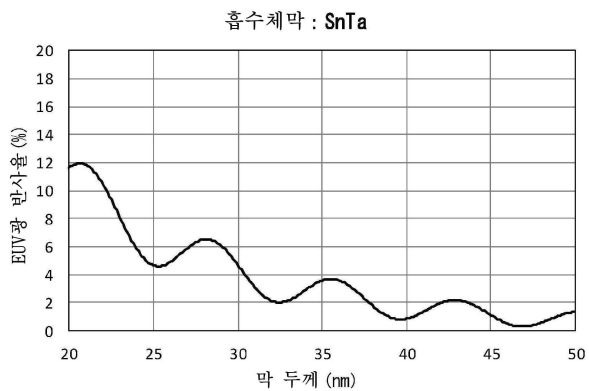
도면1



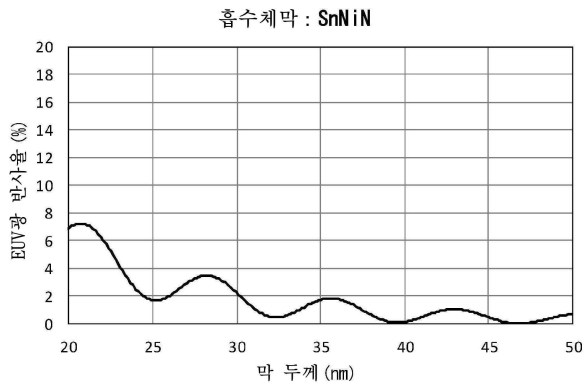
도면2



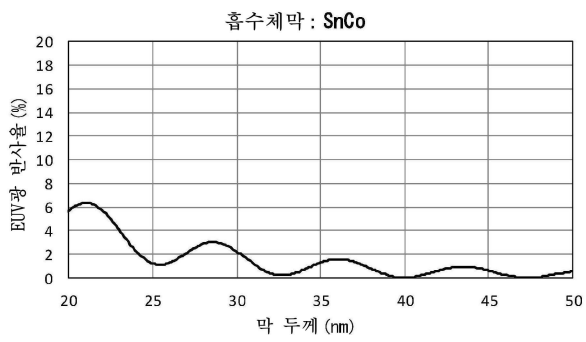
도면3



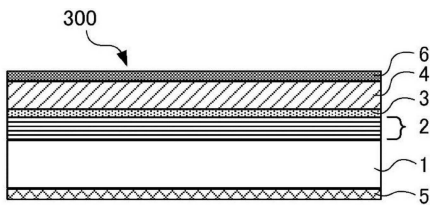
도면4



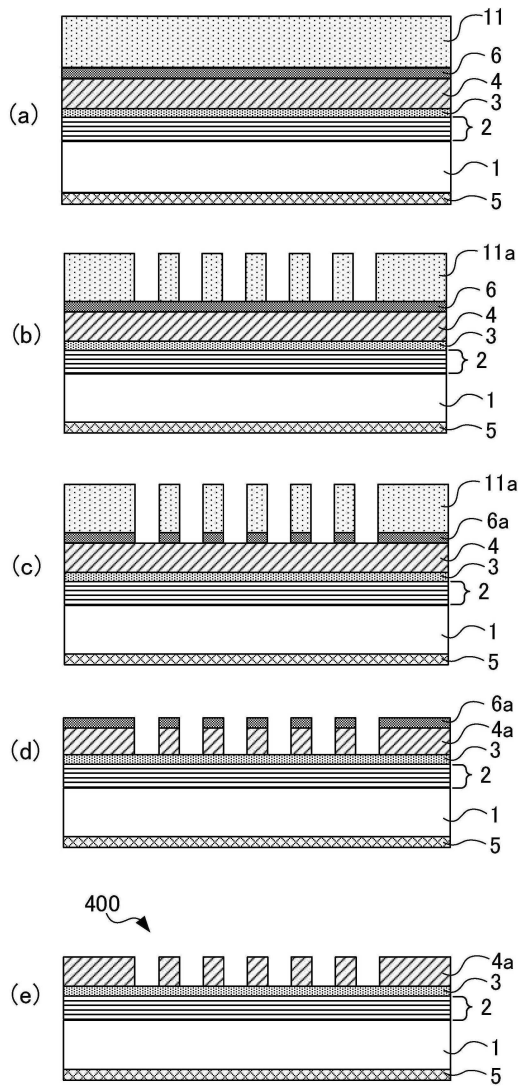
도면5



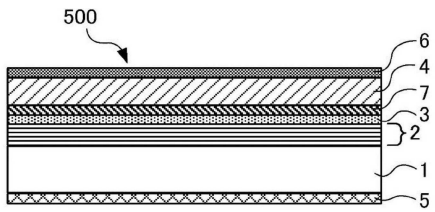
도면6



도면7



도면8



도면9

