



등록특허 10-2631779



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

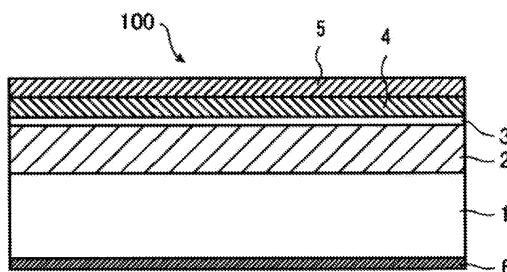
(45) 공고일자 2024년02월01일
(11) 등록번호 10-2631779
(24) 등록일자 2024년01월26일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/24 (2012.01) *G03F 1/38* (2012.01)
G03F 1/48 (2012.01) *G03F 1/54* (2012.01)
G03F 1/80 (2012.01) *G03F 7/20* (2006.01)
H01L 21/033 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)
H01L 21/311 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 1/24 (2013.01)
G03F 1/38 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7013838
- (22) 출원일자(국제) 2017년10월18일
심사청구일자 2020년10월15일
- (85) 번역문제출일자 2019년05월14일
- (65) 공개번호 10-2019-0059326
- (43) 공개일자 2019년05월30일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2017/037685
- (87) 국제공개번호 WO 2018/074512
국제공개일자 2018년04월26일
- (30) 우선권주장
JP-P-2016-206953 2016년10월21일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문현
KR1020150056435 A*
(뒷면에 계속)
- 전체 청구항 수 : 총 13 항
- 심사관 : 민경구
- (54) 발명의 명칭 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크의 제조 방법, 및 반도체 장치의 제조 방법

(57) 요약

EUV 리소그래피의 쉐도잉 효과를 저감시켜, 미세한 패턴을 형성하는 것이 가능한 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크를 제공한다. 이것에 의해 안정적이며 높은 전사 정밀도로 반도체 장치를 제조한다. 기판(1) 위에, 다층 반사막(2), 흡수체막(4) 및 에칭 마스크막(5)을 이 순서로 갖는 반사형 마스크 블랭크(100)로서, 상기 흡수체막(4)은, 니켈(Ni)을 함유하는 재료로 이루어지며, 상기 에칭 마스크막(5)은, 크롬(Cr)을 함유하는 재료 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크(100)로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G03F 1/48 (2013.01)
G03F 1/54 (2013.01)
G03F 1/80 (2013.01)
G03F 7/2004 (2013.01)
G03F 7/70033 (2023.05)
H01L 21/0337 (2013.01)
H01L 21/3065 (2013.01)
H01L 21/31116 (2013.01)
H01L 21/31144 (2013.01)

(56) 선행기술조사문현

JP2002261005 A
WO2016007613 A1
JP2006078825 A
JP2008268980 A
JP2013218301 A
KR101579852 B1*
KR1020160016098 A
KR1020080001023 A*
KR1020100035559 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문현

명세서

청구범위

청구항 1

기판 위에, 다층 반사막, 흡수체막 및 에칭 마스크막을 이 순서로 갖는 반사형 마스크 블랭크로서, 상기 흡수체막은, 니켈(Ni)에, 티타늄(Ti), 니오븀(Nb), 몰리브덴(Mo), 루테늄(Ru) 및 로듐(Rh) 중 적어도 하나를 첨가한 니켈 화합물을 함유하는 재료로 이루어지고, 상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 함유하는 재료 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 함유하고, 산소(O)의 함유량이 10원자% 이하인 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은, CrN을 포함하고,

상기 에칭 마스크막의 막 두께는 10nm 이상 15nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은 SiO를 포함하고,

상기 에칭 마스크막의 막 두께는 15.1nm 이상 20nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 흡수체막은 그 표층에 니켈 화합물의 산화층을 갖고,

상기 산화층의 두께는 1nm 이상 5nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 산화층이, 상기 흡수체막이 성막된 후, 상기 흡수체막의 표면에 산화 처리를 행하여 형성되는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 니켈 화합물의 Ni 함유 비율은 50원자% 이상 100원자% 미만인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 흡수체막은 위상시프트 기능을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,
 상기 다층 반사막과 흡수체막의 사이에 보호막을 갖고,
 상기 보호막은, 루테늄(Ru)을 함유하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 10

반사형 마스크의 제조 방법으로서,
 제1항에 기재된 반사형 마스크 블랭크의 상기 예칭 마스크막 위에 레지스트 패턴을 형성하고, 상기 예칭 마스크 막은, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지며,
 상기 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 염소계 가스와 산소 가스를 함유하는 건식 예칭 가스에 의해 상기 예칭 마스크막을 건식 예칭으로 패터닝하여 예칭 마스크 패턴을 형성하고,
 상기 예칭 마스크 패턴을 마스크로 하여, 실질적으로 산소를 함유하지 않는 염소계 가스를 함유하는 건식 예칭 가스에 의해 상기 흡수체막을 건식 예칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

청구항 11

반사형 마스크의 제조 방법으로서,
 제1항에 기재된 반사형 마스크 블랭크의 상기 예칭 마스크막 위에 레지스트 패턴을 형성하고, 상기 예칭 마스크 막은, 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지며,
 상기 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 불소 함유 가스를 함유하는 건식 예칭 가스에 의해 상기 예칭 마스크막을 건식 예칭으로 패터닝하여 예칭 마스크 패턴을 형성하고,
 상기 예칭 마스크 패턴을 마스크로 하여, 실질적으로 산소를 함유하지 않는 염소계 가스를 함유하는 건식 예칭 가스에 의해 상기 흡수체막을 건식 예칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

청구항 12

제10항에 있어서,
 상기 흡수체 패턴을 형성한 후, 상기 예칭 마스크 패턴을 박리하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

청구항 13

반도체 장치의 제조 방법으로서,
 EUV광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 제10항에 기재된 반사형 마스크의 제조 방법에 의해 얻어진 반사형 마스크를 세트하고, 피전사 기판 위에 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 블랭크에 관한 것이다. 또한, 본 발명은, 이 반사형 마스크 블랭크를 사용하여 제조되는 반사형 마스크의 제조 방법, 및 반도체 장치의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 제조에 있어서의 노광 장치의 광원 종류는, 파장 436nm의 g선, 파장 365nm의 i선, 파장 248nm의 KrF 레

이자, 및 파장 193nm의 ArF 레이저 등이 있다. 보다 미세한 패턴 전사를 실현하기 위해서, 노광 장치의 광원 파장은 서서히 짧아지고 있다. 또한 미세한 패턴 전사를 실현하기 위해서, 파장이 13.5nm 근방의 극단 자외선 (EUV: Extreme Ultra Violet)을 사용한 EUV 리소그래피가 개발되고 있다. EUV 리소그래피에서는, EUV광에 대해서 투명한 재료가 적은 점에서, 반사형의 마스크가 사용된다. 이 반사형 마스크의 기본 구조는, 저열팽창 기판 위에 노광광을 반사하는 다층 반사막 및 다층 반사막을 보호하기 위한 보호막이 형성되고, 보호막의 위에 원하는 전사용 패턴이 형성된 구조이다. 또한, 반사형 마스크(반사 마스크)의 대표적인 것으로서, EUV광을 충분히 흡수하는 비교적 두꺼운 흡수체 패턴(전사용 패턴)을 갖는 바이너리형 반사 마스크와, EUV광을 광 흡수에 의해 감광시키고, 또한 다층 반사막으로부터의 반사광에 대해서 거의 위상이 반전(약 180°의 위상 반전)된 반사광을 발생시키는 비교적 얇은 흡수체 패턴(전사용 패턴)을 갖는 위상 시프트형 반사 마스크(하프톤 위상 시프트형 반사 마스크)가 있다. 위상 시프트형 반사 마스크(하프톤 위상 시프트형 반사 마스크)는, 투파형 광 위상 시프트 마스크와 마찬가지로, 위상 시프트 효과에 의해 높은 전사 광학 상(像) 콘트라스트가 얻어지므로, 해상도를 향상시킬 수 있다. 또한, 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 반사경을 포함하는 투영 광학계가 사용되고 있다. 그리고, 반사형 마스크에 대해서 EUV광을 기울여 입사시킴으로써, 이들 복수의 반사경이 투영광(노광광)을 차단하지 않도록 하고 있다. 입사각은, 현재 반사 마스크 기판 수직면에 대해서 6°로 하는 것이 주류이다. 투영 광학계의 개구수(NA)의 향상과 함께, 보다 경사 입사로 되는 각도(8° 정도)로 하는 방향에서 검토가 진행되고 있다.

[0004] EUV 리소그래피에서는, 노광광이 기울여 입사되기 때문에, 쉐도잉 효과라 불리는 고유의 문제가 있다. 쉐도잉 효과란, 입체 구조를 갖는 흡수체 패턴에 노광광이 기울여 입사되어 그림자가 생김으로써, 전사 형성되는 패턴의 치수 및/또는 위치가 변하는 현상이다. 흡수체 패턴의 입체 구조가 벽으로 되어 그늘측에 그림자가 생기고, 전사 형성되는 패턴의 치수 및/또는 위치가 변한다. 예를 들어, 배치되는 흡수체 패턴의 방향과, 경사 입사광의 입사 방향의 관계에 의해, 경사 입사광의 입사 방향에 대한 흡수체 패턴의 방향이 상이하면, 전사 패턴의 치수와 위치에 차가 생겨, 전사 정밀도가 저하된다.

[0005] 이와 같은 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 및 이것을 제작하기 위한 마스크 블랭크에 관련된 기술이 특허문현 1 내지 특허문현 5에 개시되어 있다. 또한, 특허문현 1 및 특허문현 2에는, 쉐도잉 효과에 대하여 개시되어 있다. 종래, EUV 리소그래피용 반사형 마스크로서 위상 시프트형 반사 마스크를 사용하는 것이 제안되어 있다. 위상 시프트형 반사 마스크의 경우에는, 바이너리형 반사 마스크의 경우보다도 위상 시프트 패턴의 막 두께를 비교적 얇게 할 수 있다. 그 때문에, 쉐도잉 효과에 의한 전사 정밀도의 저하를 억제할 수 있다.

선행기술문현

특허문현

[0006] (특허문현 0001) 일본 특허공개 제2010-080659호 공보

(특허문현 0002) 일본 특허공개 제2009-212220호 공보

(특허문현 0003) 일본 특허공개 제2005-268750호 공보

(특허문현 0004) 일본 특허공개 제2004-39884호 공보

(특허문현 0005) 일본 특허 제5009649호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 패턴을 미세하게 할수록, 및 패턴 치수 및 패턴 위치의 정밀도를 높일수록 반도체 장치의 전기적 특성 및 성능이 올라가고, 집적도를 향상시킬 수 있어, 칩 사이즈를 저감시킬 수 있다. 그 때문에, EUV 리소그래피에는 종래보다도 한층 높은 고정밀도 미세 치수 패턴 전사 성능이 요구되고 있다. 현재, hp16nm(half pitch 16nm) 세대 대응의 초미세 고정밀도 패턴 형성이 요구되고 있다. 이와 같은 요구에 대해서, 쉐도잉 효과를 작게 하기

위해서, 반사형 마스크의 흡수체 패턴의 가일층의 박막화가 요구되고 있다. 특히, EUV 노광의 경우에 있어서, 흡수체막(위상 시프트막)의 막 두께를 50nm 이하로 하는 것이 요구되고 있다.

[0008] 본 발명은, 상기 점에 감안하여, 반사형 마스크의 쉐도잉 효과를 보다 저감시킴과 함께, 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을 형성할 수 있는 반사형 마스크 블랭크를 제공하는 것을 목적으로 한다. 또한, 이 반사형 마스크 블랭크를 사용하여 제작되는 반사형 마스크를 제공하는 것, 및 반도체 장치의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.

[0010] (구성 1)

[0011] 기판 위에, 다층 반사막, 흡수체막 및 에칭 마스크막을 이 순서로 갖는 반사형 마스크 블랭크로서,

[0012] 상기 흡수체막은, 니켈(Ni)을 함유하는 재료로 이루어지고,

[0013] 상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 함유하는 재료 또는 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

[0014] (구성 2)

[0015] 상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 함유하며, 실질적으로 산소(O)를 함유하지 않는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재된 반사형 마스크 블랭크.

[0016] (구성 3)

[0017] 상기 다층 반사막과 흡수체막의 사이에 보호막을 갖고,

[0018] 상기 보호막은, 루테늄(Ru)을 함유하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 구성 1 또는 2에 기재된 반사형 마스크 블랭크.

[0019] (구성 4)

[0020] 구성 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반사형 마스크 블랭크의 상기 에칭 마스크막 위에 레지스트 패턴을 형성하며, 상기 에칭 마스크막은, 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지고,

[0021] 상기 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 염소계 가스와 산소 가스를 함유하는 건식 에칭 가스에 의해 상기 에칭 마스크막을 건식 에칭으로 패터닝하여 에칭 마스크 패턴을 형성하고,

[0022] 상기 에칭 마스크 패턴을 마스크로 하여, 실질적으로 산소를 함유하지 않는 염소계 가스를 함유하는 건식 에칭 가스에 의해 상기 흡수체막을 건식 에칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

[0023] (구성 5)

[0024] 구성 1 내지 3 중 어느 하나에 기재된 반사형 마스크 블랭크의 상기 에칭 마스크막 위에 레지스트 패턴을 형성하며, 상기 에칭 마스크막은, 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지고,

[0025] 상기 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 불소 함유 가스를 함유하는 건식 에칭 가스에 의해 상기 에칭 마스크막을 건식 에칭으로 패터닝하여 에칭 마스크 패턴을 형성하며,

[0026] 상기 에칭 마스크 패턴을 마스크로 하여, 실질적으로 산소를 함유하지 않는 염소계 가스를 함유하는 건식 에칭 가스에 의해 상기 흡수체막을 건식 에칭으로 패터닝하여 흡수체 패턴을 형성하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크의 제조 방법.

[0027] (구성 6)

[0028] 상기 흡수체 패턴을 형성한 후, 상기 에칭 마스크 패턴을 박리하는 것을 특징으로 하는 구성 4 또는 5에 기재된 반사형 마스크의 제조 방법.

[0029] (구성 7)

[0030] EUV광을 발하는 노광 광원을 갖는 노광 장치에, 구성 4 내지 6 중 어느 하나에 기재된 반사형 마스크의 제조 방법에 의해 얻어진 반사형 마스크를 세트하고, 기판 위에 형성되어 있는 레지스트막에 전사 패턴을 전사하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(이것에 의해 제작되는 반사형 마스크)에 의하면, 흡수체막의 막 두께를 얇게 할 수 있어, 쉐도잉 효과를 저감할 수 있고, 또한 미세하고 고정밀도의 흡수체 패턴을, 측벽 러프니스를 적고, 계다가 안정된 단면 형상으로 형성할 수 있다. 따라서, 이 구조의 반사형 마스크 블랭크를 사용하여 제조된 반사형 마스크는, 마스크 위에 형성되는 흡수체 패턴 자체를 미세하고 고정밀도로 형성할 수 있음과 함께, 쉐도잉에 의한 전사 시의 정밀도 저하를 방지할 수 있다. 또한, 이 반사형 마스크를 사용하여 EUV 리소그래피를 행함으로써, 미세하고 고정밀도의 반도체 장치의 제조 방법을 제공하는 것이 가능해진다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 개략 구성을 설명하기 위한 주요부 단면 모식도이다.

도 2는 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크를 제작하는 공정을 주요부 단면 모식도로 나타낸 공정도이다.

도 3은 흡수체막의 두께와 과장 13.5nm의 광에 대한 반사율과의 관계를 나타내는 도면이다.

도 4는 흡수체막의 두께와 과장 13.5nm의 광에 있어서의 위상차와의 관계를 나타내는 도면이다.

도 5는 각 막 두께로 성막된 흡수체막을 갖는 기판의 EUV 반사율 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

도 6은 Ni막으로 형성된 흡수체막과 TaBN막으로 형성된 흡수체막의 HV 바이어스를 나타내는 도면이다.

도 7은 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크를 사용하여 반사형 마스크의 제작하는 경우의 공정을, 주요부 단면 모식도로 나타낸 공정도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대하여, 도면을 참조하면서 구체적으로 설명한다. 또한, 이하의 실시 형태는, 본 발명을 구체화할 때의 일 형태로서, 본 발명을 그 범위 내로 한정하는 것은 아니다. 또한, 도면 중, 동일하거나 또는 상당하는 부분에는 동일한 부호를 부여하여, 그 설명을 간략화 내지 생략하는 경우가 있다.

[0034] <반사형 마스크 블랭크의 구성 및 그 제조 방법>

[0035] 도 1은, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 구성을 설명하기 위한 주요부 단면 모식도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 반사형 마스크 블랭크(100)는, 기판(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, EUV광을 흡수하는 흡수체막(4)과, 에칭 마스크막(에칭용 하드 마스크)(5)을 갖고, 이들이 이 순서로 적층된다. 다층 반사막(2)은, 제1 주표면(표면)측에 형성되고, 노광광인 EUV광을 반사한다. 보호막(3)은, 다층 반사막(2)을 보호하기 위해서 형성된다. 보호막(3)은, 후술하는 흡수체막(4)을 패터닝할 때 사용하는 에칭트 및 세정액에 대해서 내성을 갖는 재료로 형성된다. 에칭 마스크막(5)은, 흡수체막(4)을 에칭할 때의 마스크로 된다. 또한, 기판(1)의 제2 주표면(이면)측에는, 통상, 정전 척용의 이면 도전막(6)이 형성된다.

[0036] 이하, 각 층마다 설명을 한다.

[0037] <<기판>>

[0038] 기판(1)으로서는, EUV광에 의한 노광 시의 열에 의한 흡수체 패턴의 변형을 방지하기 위해서, $0\pm5\text{ppb}/\text{^\circ C}$ 범위 내의 저열 팽창 계수를 갖는 것이 바람직하게 사용된다. 이 범위의 저열 팽창 계수를 갖는 소재로서, 예를 들어 $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$ 계 유리, 다성분계 유리 세라믹스 등을 사용할 수 있다.

[0039] 기판(1)의 전사 패턴(후술하는 흡수체막(4)이 이것을 구성함)이 형성되는 측의 제1 주표면은, 적어도 패턴 전사 정밀도, 위치 정밀도를 얻는 관점에서 고평탄도로 되도록 표면 가공되어 있다. EUV 노광의 경우, 기판(1)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면의 $132\text{mm}\times 132\text{mm}$ 의 영역에 있어서, 평탄도가 $0.1\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 $0.05\mu\text{m}$ 이하, 특히 바람직하게는 $0.03\mu\text{m}$ 이하이다. 또한, 제1 주표면의 반대측의 제2 주표면은, 노광 장치에 세트할 때 정전 척되는 면이다. 제2 주표면은, $132\text{mm}\times 132\text{mm}$ 의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1

μm 이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 $0.05\mu\text{m}$ 이하, 특히 바람직하게는 $0.03\mu\text{m}$ 이하이다. 또한, 반사형 마스크 블랭크(100)에 있어서의 제2 주표면측의 평탄도는, $142\text{mm} \times 142\text{mm}$ 의 영역에 있어서, 평탄도가 $1\mu\text{m}$ 이하인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는 $0.5\mu\text{m}$ 이하, 특히 바람직하게는 $0.3\mu\text{m}$ 이하이다.

[0040] 또한, 기판(1)의 표면 평활도의 높이도 매우 중요한 항목이다. 전사용 위상 시프트 패턴이 형성되는 제1 주표면의 표면 조도는, 제곱 평균 평방근 조도(RMS)로 0.1nm 이하인 것이 바람직하다. 또한, 표면 평활도는, 원자간력 현미경으로 측정할 수 있다.

[0041] 또한, 기판(1)은, 그 위에 형성되는 막(다층 반사막(2) 등)의 막 응력에 의한 변형을 방지하기 위해서, 높은 강성을 갖고 있는 것이 바람직하다. 특히, 기판(1)은, 65GPa 이상의 높은 영률을 갖고 있는 것이 바람직하다.

[0042] <<다층 반사막>>

[0043] 다층 반사막(2)은, 반사형 마스크(200)에 있어서, EUV광을 반사하는 기능을 부여하는 것이다. 다층 반사막(2)은, 굴절률이 서로 다른 원소를 주성분으로 하는 각 층이 주기적으로 적층된 다층막의 구성을 갖는다.

[0044] 일반적으로, 다층 반사막(2)으로서, 고굴절률 재료인 경원소 또는 그 화합물의 박막(고굴절률층)과, 저굴절률 재료인 중원소 또는 그 화합물의 박막(저굴절률층)이 교대로 40 내지 60 주기 정도 적층된 다층막이 사용된다. 다층막은, 기판(1)측으로부터 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순서로 적층한 고굴절률층/저굴절률층의 적층 구조를 1주기로 하여 복수 주기 적층해도 되고, 기판(1)측으로부터 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순서로 적층한 저굴절률층/고굴절률층의 적층 구조를 1주기로 하여 복수 주기 적층해도 된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최표면의 층(즉 다층 반사막(2)의 기판(1)과 반대측의 표면층)은, 고굴절률층인 것이 바람직하다. 상술한 다층막에 있어서, 기판(1)에, 고굴절률층과 저굴절률층을 이 순서로 적층한 적층 구조(고굴절률층/저굴절률층)를 1주기로 하여 복수 주기 적층하는 경우, 최상층이 저굴절률층으로 된다. 다층 반사막(2)의 최표면의 저굴절률층은, 용이하게 산화되어버리므로, 다층 반사막(2)의 반사율이 감소한다. 반사율의 감소를 방지하기 위해서, 최상층의 저굴절률층 위에 고굴절률층을 추가로 형성하여 다층 반사막(2)으로 하는 것이 바람직하다. 한편, 상술한 다층막에 있어서, 기판(1)에, 저굴절률층과 고굴절률층을 이 순서로 적층한 적층 구조(저굴절률층/고굴절률층)를 1주기로 하여, 복수 주기 적층하는 경우는, 최상층이 고굴절률층으로 된다. 이 경우에는, 고굴절률층을 추가로 형성할 필요가 없다.

[0045] 본 실시 형태에 있어서, 고굴절률층으로서는, 규소(Si)를 함유하는 층이 채용된다. Si를 함유하는 재료로서는, Si 단체 외에, Si에, 보론(B), 탄소(C), 질소(N), 및/또는 산소(O)를 함유하는 Si 화합물을 사용할 수 있다. Si를 함유하는 층을 고굴절률층으로서 사용함으로써, EUV광의 반사율이 우수한 EUV 리소그래피용 반사형 마스크(200)가 얻어진다. 또한, 본 실시 형태에 있어서, 기판(1)으로서는 유리 기판이 바람직하게 사용된다. Si는 유리 기판과의 밀착성에 있어서도 우수하다. 또한, 저굴절률층으로서는, 몰리브덴(Mo), 루테늄(Ru), 로듐(Rh), 및 백금(Pt)에서 선택되는 금속 단체, 또는 이들의 합금이 사용된다. 예를 들어 파장 13nm 내지 14nm 의 EUV광에 대한 다층 반사막(2)으로서는, 바람직하게는 Mo막과 Si막을 교대로 40 내지 60 주기 정도 적층한 Mo/Si 주기 적층막이 사용된다. 또한, 다층 반사막(2)의 최상층인 고굴절률층을 규소(Si)로 형성하고, 당해 최상층(Si)과 Ru계 보호막(3)의 사이에, 규소와 산소를 함유하는 규소 산화물층을 형성할 수 있다. 규소 산화물층을 형성함으로써, 반사형 마스크(200)의 세정 내성을 향상시킬 수 있다.

[0046] 상술한 다층 반사막(2)의 단독으로의 반사율은 통상 65% 이상이며, 상한은 통상 73% 이다. 또한, 다층 반사막(2)의 각 구성층의 두께, 및 주기는, 노광 파장에 의해 적절히 선택할 수 있고, 예를 들어 브래그 반사의 법칙을 충족하도록 선택할 수 있다. 다층 반사막(2)에 있어서, 고굴절률층 및 저굴절률층은 각각 복수 존재한다. 복수의 고굴절률층의 두께가 동일할 필요는 없고, 복수의 저굴절률층의 두께가 동일할 필요는 없다. 또한, 다층 반사막(2)의 최표면 Si층의 막 두께는, 반사율을 저하시키지 않는 범위에서 조정할 수 있다. 최표면의 Si(고굴절률층)의 막 두께는, 3nm 내지 10nm 로 할 수 있다.

[0047] 다층 반사막(2)의 형성 방법은 당해 기술 분야에 있어서 공지이다. 예를 들어 이온빔 스퍼터링법에 의해, 다층 반사막(2)의 각 층을 성막할 수 있다. 상술한 Mo/Si 주기 다층막의 경우, 예를 들어 이온빔 스퍼터링법에 의해, 우선 Si 타깃을 사용하여 두께 4nm 정도의 Si막을 기판(1) 위에 성막하고, 그 후 Mo 타깃을 사용하여 두께 3nm 정도의 Mo막을 성막한다. 이 Si막/Mo막을 1주기로 하여, 40 내지 60 주기 적층함으로써, 다층 반사막(2)을 형성한다. 또한, 다층 반사막(2)의 최표면 층은 Si층인 것이 바람직하다.

[0048] <<보호막>>

[0049] 보호막(3)은, 후술하는 반사형 마스크(200)의 제조 공정에 있어서의 건식 애칭 및 세정으로부터 다층 반사막

(2)을 보호하기 위해서, 다층 반사막(2)의 위에 형성된다. 또한, 전자선(EB)을 사용한 위상 시프트 패턴의 흑색 결합 수정 시에, 보호막(3)에 의해 다층 반사막(2)을 보호할 수 있다. 도 1에, 보호막(3)이 1층인 경우를 나타낸다. 보호막(3)을, 3층 이상의 적층 구조로 할 수 있다. 예를 들어, 보호막(3)의 최하층과 최상층을, 상기 Ru를 함유하는 물질로 이루어지는 층으로 하고, 최하층과 최상층의 사이에, Ru 이외의 금속, 혹은 합금을 개재시킨 구조로 할 수 있다. 보호막(3)의 재료로서는, 루테늄을 주성분으로서 함유하는 재료, 예를 들어 Ru 금속 단체, Ru에 티타늄(Ti), 니오븀(Nb), 몰리브덴(Mo), 지르코늄(Zr), 이트륨(Y), 봉소(B), 란탄(La), 코발트(Co), 레늄(Re) 등의 금속을 함유한 Ru 합금을 사용할 수 있다. 또한, 이들 보호막(3)의 재료는, 질소를 더 함유할 수 있다. 이들 재료 중에서 특히 Ti를 함유한 Ru계 보호막을 사용하는 것이 바람직하다. Ti를 함유한 Ru계 보호막을 사용하는 경우에는, 다층 반사막(2)의 표면으로부터 Ru계 보호막으로의 다층 반사막 구성 원소인 규소의 확산이 작아진다. 그 때문에, 마스크 세정 시의 표면 거칠기가 적어져서, 막 박리도 일으키기 어려워진다는 특징이 있다. 표면 거칠기의 저감은, EUV 노광광에 대한 반사율 저하 방지에 직결된다. 그 때문에, 표면 거칠기의 저감은, EUV 노광의 노광 효율 개선 및 스루풋 향상을 위해 중요하다.

[0050] 보호막(3)의 재료로서 Ru 합금을 사용하는 경우, Ru 합금의 Ru 함유 비율은 50원자% 이상 100원자% 미만, 바람직하게는 80원자% 이상 100원자% 미만, 더욱 바람직하게는 95원자% 이상 100원자% 미만이다. 특히, Ru 합금의 Ru 함유 비율이 95원자% 이상 100원자% 미만인 경우에는, 보호막(3)으로의 다층 반사막 구성 원소(규소)의 확산을 억제하면서, EUV광의 반사율을 충분히 확보할 수 있다. 또한 이 보호막(3)은, 마스크 세정 내성, 흡수체막(4)을 에칭 가공했을 때의 에칭 스토퍼 기능 및 다층 반사막 경시 변화 방지의 보호막 기능을 겸비하는 것이 가능해진다.

[0051] EUV 리소그래피의 경우, 노광광에 대해서 투명한 물질이 적으로, 마스크 패턴면으로의 이물 부착을 방지하는 EUV 펠리클이 기술적으로 간단하지는 않다. 이러한 점에서, 펠리클을 사용하지 않는 펠리클리스 운용이 주류로 되어 있다. 또한, EUV 리소그래피의 경우, EUV 노광에 의해 마스크에 카본막이 퇴적하거나, 산화막이 성장한다고 하는 노광 콘타미네이션이 일어난다. 그 때문에, EUV 반사형 마스크(200)를 반도체 장치의 제조에 사용하고 있는 단계에서, 자주 세정을 행하여 마스크 위의 이물 및 콘타미네이션을 제거할 필요가 있다. 이 때문에, EUV 반사형 마스크(200)에서는, 광 리소그래피용 투과형 마스크에 비교해서 현격히 차이가 있는 마스크 세정 내성이 요구되고 있다. Ti를 함유한 Ru계 보호막을 사용함으로써, 황산, 황산과수(SPM), 암모니아, 암모니아과수(APM), OH 라디칼 세정수 및 농도가 10ppm 이하의 오존수 등의 세정액에 대한 세정 내성을 특히 높게 할 수 있다. 그 때문에, EUV 반사형 마스크(200)에 대한 마스크 세정 내성의 요구를 충족시키는 것이 가능해진다.

[0052] 보호막(3)의 두께는, 그 보호막(3)으로서의 기능을 수행할 수 있는 한 특별히 제한되지 않는다. EUV광의 반사율 관점에서, 보호막(3)의 두께는, 바람직하게는 1.0nm 내지 8.0nm, 보다 바람직하게는, 1.5nm 내지 6.0nm이다.

[0053] 보호막(3)의 형성 방법으로서, 공지된 막 형성 방법을 특별히 제한 없이 채용할 수 있다. 보호막(3)의 형성 방법의 구체예로서, 스퍼터링법 및 이온빔 스퍼터링법을 들 수 있다.

[0054] <<흡수체막>>

[0055] 보호막(3)의 위에 EUV광을 흡수하기 위한 흡수체막(4)이 형성된다. 흡수체막(4)의 재료로서는, EUV광을 흡수하는 기능을 갖고, 건식 에칭에 의해 가공이 가능한 재료를 사용한다. 본 실시 형태의 흡수체막(4)의 재료로서, 니켈(Ni) 단체 또는 Ni를 주성분으로서 함유하는 니켈 화합물을 사용한다. Ni는 Ta에 비하여 EUV광의 소쇠 계수가 크고, 염소(Cl)계 가스로 건식 에칭하는 것이 가능한 재료이다. Ni의 13.5nm에 있어서의 굴절률 n은 약 0.948, 소쇠 계수 k는 약 0.073이다. 이에 반하여, 종래의 흡수체막 재료예인 TaBN의 경우, 굴절률 n은 약 0.949, 소쇠 계수 k는 약 0.030이다.

[0056] 니켈 화합물로서는, 니켈에 봉소(B), 탄소(C), 질소(N), 산소(O), 인(P), 티타늄(Ti), 니오븀(Nb), 몰리브덴(Mo), 루테늄(Ru), 로듐(Rh), 텔루륨(Te), 팔라듐(Pd), 탄탈륨(Ta) 및 텅스텐(W)을 첨가한 화합물을 들 수 있다. 니켈에, 이들 원소를 첨가함으로써, 에칭 속도를 빠르게 하여 가공성을 향상시키는 것, 및/또는 세정 내성을 향상시킬 수 있다. 이들 니켈 화합물의 Ni 함유 비율은 50원자% 이상 100원자% 미만인 것이 바람직하고, 80원자% 이상 100원자% 미만인 것이 보다 바람직하다.

[0057] 상술한 니켈 및 니켈 화합물을 재료로 하는 흡수체막(4)은, 공지된 방법, 예를 들어 DC 스퍼터링법, 또는 RF 스퍼터링법 등의 마그네트론 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다.

[0058] 흡수체막(4)은, 바이너리형의 반사형 마스크 블랭크(100)를 위한, EUV광의 흡수를 목적으로 한 흡수체막(4)일 수 있다. 또한, 흡수체막(4)은, 위상 시프트형의 반사형 마스크 블랭크(100)를 위한, EUV광의 위상차를 고려한

위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)일 수 있다.

[0059] EUV광의 흡수를 목적으로 한 흡수체막(4)의 경우, 흡수체막(4)에 대한 EUV광의 반사율이 2% 이하로 되도록, 막 두께가 설정된다. 도 3에 도시한 바와 같이, 흡수체막(4)을 Ni막으로 형성한 경우, 막 두께가 30nm, 34.8nm 및 39.5nm이고, 13.5nm에서의 반사율이 각각 1.7%, 1.1% 및 0.007%로 된다. 이에 반하여, 흡수체막을 TaBN막으로 형성한 경우, 막 두께가 50nm 이하이고 반사율을 2% 이하로 할 수 없다.

[0060] 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)의 경우, 흡수체막(4)이 형성되어 있는 부분에서는, EUV광을 흡수하여 감광하면서 패턴 전사에 악영향이 없는 레벨에서 일부의 광을 반사시킨다. 한편, 흡수체막(4)이 형성되지 않은 필드부에서의 반사광은, 보호막(3)을 통해 다층 반사막(2)으로부터 반사된다. 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)에 의해, 흡수체막(4)이 형성되어 있는 부분과, 필드부에서의 반사광의 사이에서, 원하는 위상차를 형성할 수 있다. 흡수체막(4)은, 흡수체막(4)으로부터의 반사광과 다층 반사막(2)(필드부)으로부터의 반사광과의 위상차가 160° 내지 200°로 되도록 형성된다. 180° 근방의 반전된 위상차의 광끼리가 패턴 에지부에서 서로 간섭함으로써, 투영 광학상의 상 콘트라스트가 향상된다. 그 상 콘트라스트의 향상에 수반하여 해상도가 높아져서, 노광량 여유도, 초점 여유도 등의 노광에 관한 각종 여유도가 확대된다. 패턴 및 노광 조건에 따라 다르지만, 일반적으로는, 이 위상 시프트 효과를 충분히 얻기 위한 반사율의 목표는, 절대 반사율로 1% 이상, 다층 반사막(2)(보호막(3) 부착)에 대한 반사비로 2% 이상이다. 도 4에 도시한 바와 같이, 흡수체막(4)을 Ni막으로 형성한 경우, 막 두께가 39nm이고 위상차가 약 160°로 된다. 이에 반하여, 흡수체막을 TaBN막으로 형성한 경우, 50nm 이하의 막 두께로 위상차를 160° 내지 200°로 할 수 없다.

[0061] 흡수체막(4)은 단층의 막일 수 있다. 또한, 흡수체막(4)은 2층 이상의 복수의 막으로 이루어지는 다층막일 수 있다. 흡수체막(4)이 단층막인 경우에는, 마스크 블랭크 제조 시의 공정수를 삭감할 수 있어 생산 효율이 오른다는 특징이 있다. 흡수체막(4)이 다층막인 경우에는, 상층막이, 광을 사용한 마스크 패턴 검사 시의 반사 방지막이 되도록, 그 광학 상수와 막 두께를 적당히 설정한다. 이에 의해, 광을 사용한 마스크 패턴 검사 시의 검사 감도가 향상된다. 이와 같이, 다층막의 흡수체막(4)을 사용함으로써, 흡수체막(4)에 다양한 기능을 부가시키는 것이 가능해진다. 흡수체막(4)이 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(4)인 경우에는, 다층막의 흡수체막(4)을 사용함으로써, 광학면에서의 조정의 범위가 확대되어, 원하는 반사율이 얻기 쉬워진다.

[0062] 니켈 화합물의 흡수체막(4)의 표면에는, 산화층을 형성하는 것이 바람직하다. 니켈 화합물의 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. 또한, 산화층의 두께는, 5nm 이하가 바람직하고, 3nm 이하가 보다 바람직하다. Ni 산화층의 두께가 1.0nm 미만인 경우에는 너무 얕아서 효과를 기대할 수 없고, 5nm를 초과하면 마스크 검사광에 대한 표면 반사율에 미치는 영향이 커지게 되어, 소정의 표면 반사율을 얻기 위한 제어가 어려워진다.

[0063] 산화층의 형성 방법은, 흡수체막이 성막된 후의 마스크 블랭크에 대해서, 온수 처리, 오존수 처리, 산소를 함유하는 기체 중에서의 가열 처리, 산소를 함유하는 기체 중에서의 자외선 조사 처리 및 O₂ 플라스마 처리 등을 행하는 것 등을 들 수 있다.

[0064] <<에칭 마스크막>>

[0065] 흡수체막(4) 위에는 에칭 마스크막(5)이 형성된다. 에칭 마스크막(5)의 재료로서는, 에칭 마스크막(5)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비가 높은 재료를 사용한다. 여기서, 「A에 대한 B의 에칭 선택비」란, 에칭을 행하고 싶지 않은 층(마스크가 되는 층)인 A와 에칭을 행하고 싶은 층인 B의 에칭 레이트의 비를 의미한다. 구체적으로는 「A에 대한 B의 에칭 선택비=B의 에칭 속도/A의 에칭 속도」의 식에 의해 특정된다. 또한, 「선택비가 높다」라 함은, 비교 대상에 대해서, 상기 정의 선택비의 값이 큰 것을 의미한다. 에칭 마스크막(5)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비는, 1.5 이상이 바람직하고, 3 이상이 더욱 바람직하며, 5 이상이 보다 바람직하다.

[0066] 에칭 마스크막(5)에 대한 흡수체막(4)의 에칭 선택비가 높은 재료로서, 크롬(Cr)을 함유하는 재료, 또는 규소(Si)를 함유하는 재료를 들 수 있다. 따라서, 에칭 마스크막(5)의 재료로서, 크롬(Cr)을 함유하는 재료, 또는 규소(Si)를 함유하는 재료를 사용할 수 있다.

[0067] 에칭 마스크막(5)의 크롬(Cr)을 함유하는 재료로서는, 예를 들어 크롬에, 질소, 산소, 탄소 및 봉소에서 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 크롬 화합물 등을 들 수 있다. 크롬 화합물로서는, 예를 들어 CrN, CrON, CrCN, CrCON, CrBN, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다. 염소계 가스에서의 에칭 선택비를 높이기 위해서는, 실질적으로 산소를 함유하지 않는 재료로 하는 것이 바람직하다. 실질적으로 산소를 함유하지 않는 크롬 화합

물로서, 예를 들어 CrN, CrCN, CrBN 및 CrBCN 등을 들 수 있다. 크롬 화합물의 Cr 함유 비율은, 50원자% 이상 100원자% 미만인 것이 바람직하고, 80원자% 이상 100원자% 미만인 것이 보다 바람직하다. 또한, 「실질적으로 산소를 함유하지 않는다」라 함은, 크롬 화합물에 있어서의 산소의 함유량이 10원자% 이하, 바람직하게는 5 원자% 이하인 것이 해당한다. 또한, 상기 재료는, 본 발명의 효과가 얻어지는 범위에서, 크롬 이외의 금속을 함유할 수 있다.

[0068] 예칭 마스크막(5)의 규소(Si)를 함유하는 재료로서는, 예를 들어 규소에, 질소, 산소, 탄소 및 수소에서 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 규소 화합물, 규소 및 금속을 함유하는 금속 규소(금속 실리사이드), 및 규소 화합물 및 금속을 함유하는 금속 규소 화합물(금속 실리사이드 화합물) 등을 들 수 있다. 규소를 함유하는 재료로서, 구체적으로는, SiO, SiN, SiON, SiC, SiCO, SiCN, SiCON, MoSi, MoSiO, MoSiN, 및 MoSiON 등을 들 수 있다. 또한, 상기 재료는, 본 발명의 효과가 얻어지는 범위에서, 규소 이외의 반금속 또는 금속을 함유할 수 있다.

[0069] Ni는 Ta에 비하여 염소계 가스의 건식 예칭 속도가 느리다. 그 때문에, Ni를 함유하는 재료로 이루어지는 흡수체막(4) 위에 직접 레지스트막(11)을 형성하고자 하면, 레지스트막(11)을 두껍게 하지 않으면 안 되어, 미세한 패턴을 형성하는 것이 어렵다. 한편, 흡수체막(4) 위에 Cr 및/또는 Si를 함유하는 재료로 이루어지는 예칭 마스크막(5)을 형성함으로써, 레지스트막(11)의 두께를 두껍게 하지 않고, 흡수체막(4)의 예칭을 행하는 것이 가능해진다. 따라서, 예칭 마스크막(5)을 사용함으로써, 미세한 흡수체 패턴(4a)을 형성할 수 있다.

[0070] 예칭 마스크막(5)의 막 두께는, 전사 패턴을 고정밀도로 흡수체막(4)에 형성하는 예칭 마스크로서의 기능을 얻는 관점에서, 3nm 이상인 것이 바람직하다. 또한, 예칭 마스크막(5)의 막 두께는, 레지스트막(11)의 막 두께를 얇게 하는 관점에서, 20nm 이하가 바람직하고, 15nm 이하인 것이 보다 바람직하다.

[0071] <<이면 도전막>>

[0072] 기판(1)의 제2 주표면(이면)측(다층 반사막(2) 형성면의 반대측)에는, 일반적으로, 정전 쳐용 이면 도전막(6)이 형성된다. 정전 쳐용 이면 도전막(6)에 요구되는 전기적 특성은 통상 100Ω/square 이하이다. 이면 도전막(6)은, 예를 들어 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온빔 스퍼터링법에 의해, 크롬, 탄탈륨 등의 금속 및 합금의 타깃을 사용하여 형성할 수 있다. 대표적인 이면 도전막(6)의 재료는, 광투과형 마스크 블랭크 등의 마스크 블랭크 제조에서 자주 사용되는 CrN 및 Cr이다. 이면 도전막(6)의 두께는, 정전 쳐용으로서의 기능을 충족시키는 한 특별히 한정되지 않지만, 통상 10nm 내지 200nm이다. 또한, 이 이면 도전막(6)은 마스크 블랭크(100)의 제2 주표면측의 응력 조정도 겸비하고 있다. 이면 도전막(6)은, 제1 주표면측에 형성된 각종 막으로부터의 응력과 균형을 취해, 평탄한 반사형 마스크 블랭크(100)가 얻어지도록 조정되어 있다.

[0073] <반사형 마스크 및 그 제조 방법>

[0074] 본 실시 형태의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 반사형 마스크(200)를 제조할 수 있다. 여기에서는 개요 설명만을 행하고, 후에 실시예에 있어서 도면을 참조하면서 상세히 설명한다.

[0075] 반사형 마스크 블랭크(100)를 준비하여, 그 제1 주표면의 예칭 마스크막(5)에, 레지스트막(11)을 형성한다(반사형 마스크 블랭크(100)로서 레지스트막(11)을 구비하고 있는 경우는 불필요). 이어서, 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써, 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성한다.

[0076] 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하는 경우, 우선, 상술한 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여 예칭 마스크막(5)을 예칭하여 예칭 마스크 패턴(5a)을 형성한다. 이어서, 레지스트 패턴(11a)을 애성 및 레지스트 박리액 등으로 제거한다. 그 후, 이 예칭 마스크 패턴(5a)을 마스크로 하여 건식 예칭을 행함으로써, 흡수체막(4)이 예칭되고, 흡수체 패턴(4a)이 형성된다. 그 후, 예칭 마스크 패턴(5a)을 건식 예칭에 의해 제거한다. 마지막으로, 산성 및/또는 알칼리성의 수용액을 사용한 웨트 세정을 행한다.

[0077] 여기서, 예칭 마스크막(5)이 크롬(Cr)을 함유하는 재료로 이루어지는 경우에는, 예칭 마스크막(5)의 패턴 형성 및 예칭 마스크 패턴(5a)의 제거를 위한 예칭 가스로서는, Cl₂, SiCl₄, CHCl₃, 및 CCl₄ 등의 염소계 가스와 O₂를 소정의 비율로 함유하는 혼합 가스를 들 수 있다.

[0078] 또한, 예칭 마스크막(5)이 규소(Si)를 함유하는 재료로 이루어지는 경우에는, 예칭 마스크막(5)의 패턴 형성 및 예칭 마스크 패턴(5a)의 제거를 위한 예칭 가스로서는, CF₄, CHF₃, C₂F₆, C₃F₆, C₄F₆, C₄F₈, CH₂F₂, CH₃F, C₃F₈, SF₆ 및 F₂ 등의 불소계 가스, 및 불소계 가스와, He, H₂, N₂, Ar, C₂H₄ 및 O₂ 등의 혼합 가스(이들을 총칭해서 「불소

함유 가스」라고 함)를 들 수 있다.

[0079] 흡수체막(4)의 예칭 가스로서는, Cl_2 , SiCl_4 , CHCl_3 및 CCl_4 등의 염소계의 가스, 염소계 가스 및 He 를 소정의 비율로 함유하는 혼합 가스, 및 염소계 가스 및 Ar 을 소정의 비율로 포함하는 혼합 가스 등을 들 수 있다. 흡수체막(4)의 예칭에 있어서, 예칭 가스에 실질적으로 산소가 함유되어 있지 않으므로, Ru 계 보호막에 표면 거칠기가 생기는 일이 없다. 본 명세서에 있어서, 「예칭 가스에 실질적으로 산소가 함유되지 않는다」라 함은, 예칭 가스 중의 산소의 함유량이 5원자% 이하인 것을 의미한다.

[0080] 또한, 예칭 마스크 패턴(5a)의 형성 직후에 레지스트 패턴(11a)을 제거하지 않고, 레지스트 패턴(11a) 부착 예칭 마스크 패턴(5a)을 마스크로 하여 흡수체막(4)을 예칭하는 방법도 있다. 이 경우는, 흡수체막(4)을 예칭할 때 레지스트 패턴(11a)이 자동적으로 제거되어, 공정이 간략화된다는 특징이 있다. 한편, 레지스트 패턴(11a)이 제거된 예칭 마스크 패턴(5a)을 마스크로 하여 흡수체막(4)을 예칭하는 방법에서는, 예칭의 도중에 소실하는 레지스트로부터의 유기 생성물(아웃 가스)의 변화라는 경우가 없어, 안정된 예칭을 할 수 있다는 특징이 있다.

[0081] 이상의 공정에 의해, 쉐도잉 효과가 적고, 또한 측벽 러프니스가 적은 고정밀도 미세 패턴을 갖는 반사형 마스크(200)가 얻어진다.

<반도체 장치의 제조 방법>

[0083] 본 실시 형태의 반사형 마스크(200)를 사용하여 EUV 노광을 행함으로써, 반도체 기판 위에, 반사형 마스크(200) 위의 흡수체 패턴(4a)에 기초한 원하는 전사 패턴을, 쉐도잉 효과에 의한 전사 치수 정밀도의 저하를 억제하여 형성할 수 있다. 또한, 본 실시 형태의 반사형 마스크(200)의 흡수체 패턴(4a)이, 측벽 러프니스가 적은 미세하고 고정밀도의 패턴이기 때문에, 높은 치수 정밀도로 원하는 패턴을 반도체 기판 위에 형성할 수 있다. 이리소그래피 공정 외에도, 피가공막의 예칭, 절연막, 도전막의 형성, 도편트의 도입, 및 어닐 등 다양한 공정을 거침으로써, 원하는 전자 회로가 형성된 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0084] 보다 상세히 설명하면 EUV 노광 장치는, EUV광을 발생하는 레이저 플라스마 광원, 조명 광학계, 마스크 스테이지계, 축소 투영 광학계, 웨이퍼 스테이지계, 및 진공 설비 등으로 구성된다. 광원에는, 파편 트랩 기능, 노광 광 이외의 장과장의 광을 커트하는 커트 필터 및 진공 차동 배기용 설비 등이 구비되어 있다. 조명 광학계 및 축소 투영 광학계는 반사형 미러로 구성된다. EUV 노광용 반사형 마스크(200)는, 그 제2 주표면에 형성된 도전막에 의해 정전 흡착되어 마스크 스테이지에 적재된다.

[0085] EUV 광원의 광은, 조명 광학계를 통해 반사형 마스크(200)의 주표면의 법선(주표면에 수직인 직선)에 대해서 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)하고, 통상 $1/4$ 의 축소비를 갖는 반사형 투영 광학계로 유도되고, 웨이퍼 스테이지 위에 적재된 웨이퍼(반도체 기판) 위의 레지스트에 대한 노광이 행해진다. EUV 노광 장치 중에서, 적어도 EUV광이 통하는 장소는 전공 배기된다. 노광에 있어서는, 마스크 스테이지와 웨이퍼 스테이지를 축소 투영 광학계의 축소비에 따른 속도로 동기시켜 스캔하고, 슬릿을 통해 노광을 행한다는 스캔 노광이 주류로 되어 있다. 레지스트에 대한 노광의 후, 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 반도체 기판 위에 레지스트 패턴을 형성할 수 있다. 본 발명에서는, 쉐도잉 효과가 작은 박막이며, 게다가 측벽 러프니스가 적은 고정밀도의 위상 시프트 패턴을 갖는 마스크가 사용되고 있다. 이 때문에, 반도체 기판 위에 형성된 레지스트 패턴은, 높은 치수 정밀도를 갖는 원하는 레지스트 패턴으로 된다. 이 레지스트 패턴을 마스크로서 사용하여 예칭 등을 실시함으로써, 예를 들어 반도체 기판 위에 소정의 배선 패턴을 형성할 수 있다. 이러한 노광 공정, 피가공막 가공 공정, 절연막 및 도전막의 형성 공정, 도편트 도입 공정, 어닐 공정, 및 그밖의 필요한 공정을 거침으로써, 반도체 장치가 제조된다.

실시예

[0087] 이하, 실시예에 대하여 도면을 참조하면서 설명한다. 또한, 실시예에 있어서 마찬가지의 구성 요소에 대해서는 동일한 부호를 사용하고, 설명을 간략화 혹은 생략한다.

[0088] 도 2는, 실시예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(100)로부터 반사형 마스크(200)를 제작하는 공정을 나타내는 주요부 단면 모식도이다. 도 7은, 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크로부터 반사형 마스크(200)의 제작을 시도한 공정을, 주요부 단면 모식도로 나타낸 공정도이다.

[0089] (실시예 1)

- [0090] 우선, 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)에 대하여 설명한다. 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 이면 도전막(6)과, 기판(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)과, 에칭 마스크막(5)을 갖는다. 흡수체막(4)은 니켈, 에칭 마스크막(5)은 크롬계 재료로 이루어진다. 또한, 도 2의 (a)에 도시된 바와 같이, 에칭 마스크막(5) 위에는 레지스트막(11)이 형성된다.
- [0091] 우선, 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)에 사용하는 기판(1)에 대하여 설명한다. 기판(1)으로서, 제1 주 표면 및 제2 주표면의 양면이 연마된 6025사이즈(약 152mm×152mm×6.35mm)의 저열팽창 유리 기판인 SiO₂-TiO₂계 유리 기판을 준비하였다. 평탄하고 평활한 주표면으로 되도록, SiO₂-TiO₂계 유리 기판(기판(1))에 대해서, 초벌 연마 가공 공정, 정밀 연마 가공 공정, 국소 가공 공정, 및 터치 연마 가공 공정으로 이루어지는 연마를 행하였다.
- [0092] SiO₂-TiO₂계 유리 기판(1)의 제2 주표면(이면)에, CrN으로 이루어지는 이면 도전막(6)을, 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해, 하기 조건에서 형성하였다. 또한, 본 명세서에서, 혼합 가스의 비율은, 도입하는 가스의 체적 %이다.
- [0093] 이면 도전막 형성 조건: Cr 타깃, Ar과 N₂의 혼합 가스 분위기(Ar: 90%, N: 10%), 막 두께 20nm
- [0094] 다음으로, 이면 도전막(6)이 형성된 측과 반대측의 기판(1)의 주표면(제1 주표면) 위에 다층 반사막(2)을 형성하였다. 기판(1) 위에 형성되는 다층 반사막(2)은, 파장 13.5nm의 EUV광에 적합한 다층 반사막(2)으로 하기 위해서, Mo와 Si로 이루어지는 주기 다층 반사막으로 하였다. 다층 반사막(2)은, Mo 타깃과 Si 타깃을 사용하고, Ar 가스 분위기 중에서 이온빔 스퍼터링에 의해 기판(1) 위에 Mo층 및 Si층을 교대로 적층하여 형성하였다. 우선, Si막을 4.2nm의 두께로 성막하고, 계속해서, Mo막을 2.8nm의 두께로 성막하였다. 이것을 1주기로 하고, 마찬가지로 하여 40주기 적층하고, 마지막으로 Si막을 4.0nm의 두께로 성막함으로써, 다층 반사막(2)을 형성하였다. 여기에서는 적층 주기를 40주기로 하였지만, 이것으로 한정되는 것은 아니다. 적층 주기를, 예를 들어 60주기로 할 수 있다. 적층 주기를 60주기로 한 경우, 40주기보다도 공정수는 증가하지만, EUV광에 대한 다층 반사막(2)의 반사율을 높일 수 있다.
- [0095] 계속해서, Ar 가스 분위기 중에서, Ru 타깃을 사용한 이온빔 스퍼터링에 의해 Ru 보호막(3)을 2.5nm의 두께로 성막하였다.
- [0096] 다음으로, DC 스퍼터링법에 의해, 흡수체막(4)으로서 Ni막을 형성하였다. Ni막은, Ar 가스 분위기에서 니켈(Ni)을 타깃에 사용하여, 30nm, 34.8nm 및 39.5nm의 막 두께로 각각 성막하고, 3장의 흡수체막 부착 기판을 작성하였다. 상기 형성한 Ni막의 파장 13.5nm에 있어서의 굴절률 n, 소쇠 계수(굴절률 허부) k는, 각각 이하였다.
- [0097] Ni: n=약 0.948, k=약 0.073
- [0098] 작성한 3장의 흡수체막 부착 기판(흡수체막(4))의 두께: 30nm, 34.8nm 및 39.5nm에 대해서, EUV 반사율 스펙트럼의 측정을 행한바, 도 5에 도시한 스펙트럼이 얻어졌다. 파장 13.5nm에 있어서의 흡수체막 부착 기판의 반사율은, 도 5에 실선으로 나타낸 바와 같이, 각각 1.4%, 0.73%, 0.18%이며, 모두 2% 이하였다. 또한, 참고로서, 도 5에, 시뮬레이션 결과를 파선으로 나타내었다. 도 5로부터, 실측과 시뮬레이션의 스펙트럼은 좋은 일치를 나타내고 있음을 알 수 있었다.
- [0099] 작성한 3장의 흡수체막 부착 기판에 대해서, 에칭 마스크막(5)으로서 CrN막을, 마그네트론 스퍼터링(반응성 스퍼터링)법에 의해, 하기 조건에서, 각각 형성하였다.
- [0100] 에칭 마스크막 형성 조건: Cr 타깃, Ar과 N₂의 혼합 가스 분위기(Ar: 90%, N: 10%)
- [0101] 막 두께: 10nm(흡수체막(4)의 두께 30nm), 11.6nm(흡수체막(4)의 두께 34.8nm), 13.2nm(흡수체막(4)의 두께 39.5nm)
- [0102] 러더포드 후방 산란 분석법에 의해 에칭 마스크막(5)의 원소 조성을 측정한바, Cr: 90원자%, N: 10원자%였다.
- [0103] 다음으로, 실시예 1의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 실시예 1의 반사형 마스크(200)를 제조하였다.
- [0104] 반사형 마스크 블랭크(100)의 에칭 마스크막(5)의 위에 레지스트막(11)을 100nm의 두께로 형성하였다(도 2의 (a)). 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써, 소정의 레지스트 패턴

(11a)을 형성하였다(도 2의 (b)). 이어서, 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여, CrN막(예칭 마스크막(5))의 건식 예칭을 Cl_2 가스와 O_2 의 혼합 가스(Cl_2+O_2 가스)를 사용해서 행하였다. 이 건식 예칭에 의해, 예칭 마스크 패턴(5a)을 형성할 수 있었다(도 2의 (c)). 계속해서, Ni막(흡수체막(4))의 건식 예칭을, Cl_2 가스를 사용하여 행함으로써, 흡수체 패턴(4a)을 형성하였다(도 2의 (d)).

[0105] Ni막으로 이루어지는 흡수체막(4)은, Ta계 재료와 비교하면, 예칭하기 어렵다. 실시예 1의 경우에는, 흡수체막(4) 위에 예칭 마스크막(5)이 형성되어 있음으로써, Ni막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 용이하게 예칭할 수 있었다. 또한, 전사 패턴을 형성하기 위한 레지스트막(11)을 박막화할 수 있으므로, 미세 패턴을 갖는 반사형 마스크(200)가 얻어진다. 예칭 마스크막(5)이 없는 경우, Cl_2 가스에 의한 흡수체막(4)의 건식 예칭 중에, 레지스트 패턴(11a)도 예칭되어버리기 때문에, 레지스트막(11)의 막 두께를 두껍게 해 놓을 필요가 있다. 두꺼운 레지스트막(11)의 경우에는, 해상도가 낮아진다. 또한, 레지스트 패턴(11a)의 애스펙트비(높이/선 폭)가 커지면, 패턴 현상, 및 린스 시에, 패턴 쓰러짐이 발생한다. 실시예 1에서는, 흡수체막(4)의 위에 예칭 선택성이 높은 재료로 이루어지는 예칭 마스크막(5)이 형성되어 있음으로써, 흡수체막(4)을 용이하게 예칭할 수 있고, 레지스트막(11)을 박막화할 수 있었으므로, 해상도의 저하 및 패턴 쓰러짐이라는 문제의 발생을 억제할 수 있었다. 여기서, 예칭 마스크막(5)에 대한 흡수체막(4)의 예칭 선택비는, 6.7이었다.

[0106] 그 후, 레지스트 패턴(11a)을 애칭 및 레지스트 박리액 등으로 제거하였다. 또한, 예칭 마스크 패턴(5a)을, Cl_2 가스와 O_2 의 혼합 가스를 사용한 건식 예칭에 의해 제거하였다. 마지막으로 순수(DIW)를 사용한 웨트 세정을 행하였다. 상술한 공정에서, 실시예 1의 반사형 마스크(200)를 제조하였다(도 2의 (e)). 또한, 필요에 따라 웨트 세정 후, 마스크 결합 검사를 행하고, 마스크 결합 수정을 적절히 행한다.

[0107] 실시예 1의 반사형 마스크(200)에서는, 예칭 마스크막(5)은 크롬계 재료이기 때문에, 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스에서의 가공성이 좋아, 높은 정밀도로 예칭 마스크 패턴(5a)을 형성할 수 있었다. 또한, 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 각각 30nm, 34.8nm 및 39.5nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막보다도 얇게 할 수 있어, 쉐도잉 효과를 저감할 수 있었다.

[0108] 또한, 막 두께 30nm의 흡수체 패턴(4a)이 형성된 반사형 마스크(200)의 HV 바이어스를 평가하였다. 도 6에 도시한 바와 같이, Ni막의 쪽이 TaBN막보다도 약1/3 정도 HV 바이어스를 작게 할 수 있었다.

[0109] 또한, 막 두께 30nm의 흡수체 패턴(4a)이 형성된 반사형 마스크(200)의 DIW에 대한 세정 내성을 평가하였다. 세정 내성의 평가에 의해, 세정 전후에서 막 감소는 약 0.08nm이며, 세정 내성에 문제가 없음을 확인할 수 있었다. 보다 구체적으로는, 세정 전에는 표층 1.10nm의 Ni 산화층과 벌크 부분이 28.29nm였던 것이, 세정 후에는 각각 1.10nm, 28.21nm였다.

[0110] 실시예 1의 반사형 마스크(200)의 세정 내성에는 문제가 없고, 흡수체 패턴(4a)의 표면에, Ni 산화층이 존재하기 때문에, 흡수체 패턴(4a)의 표면의 Ni 산화층이, 세정 내성에 좋은 영향을 주어, 세정 내성을 향상시켰음이 시사된다. 또한, 실시예 1의 Ni 산화층은, 자연 산화에 의한 산화층이며, 산화층의 두께는 균일하지 않은 것이라고 생각된다. Ni 산화층을 의도적으로 소정의 막 두께로 균일하게 형성한 경우에는, 세정 내성을 더욱 향상 시킬 수 있음이 추측된다. 세정 내성을 향상시키기 위해서, Ni 산화층의 두께는, 1.0nm 이상이 바람직하고, 1.5nm 이상이 보다 바람직하다고 추정할 수 있다. 또한, Ni 산화층의 두께는, 5nm 이하가 바람직하고, 3nm 이하가 보다 바람직하다고 추측할 수 있다.

[0111] 실시예 1에서 작성한 반사형 마스크(200)를 EUV 스캐너에 세트하고, 반도체 기판 위에 피가공막과 레지스트막이 형성된 웨이퍼에 대해서 EUV 노광을 행하였다. 그리고, 이 노광 완료 레지스트막을 현상함으로써, 피가공막이 형성된 반도체 기판 위에 레지스트 패턴을 형성하였다.

[0112] 이 레지스트 패턴을 예칭에 의해 피가공막에 전사하고, 또한, 절연막, 도전막의 형성, 도편트의 도입, 및 널 등 다양한 공정을 거침으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.

[0113] (실시예 2)

[0114] 실시예 2의 반사형 마스크 블랭크(100)에 대하여 설명한다. 실시예 1과 마찬가지로, 실시예 2의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 이면 도전막(6)과, 기판(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)과, 예칭 마스크막(5)을 갖는다. 실시예 2의 반사형 마스크 블랭크(100)는, 예칭 마스크막(5)이 규소계 재료로 이루어지는 것 이외에는, 실시예 1과 마찬가지이다.

- [0115] 실시예 1과 마찬가지로, 3장의 흡수체막 부착 기판을 제작하였다. 이들 3장의 흡수체막 부착 기판에 대해서, 예칭 마스크막(5)으로서 SiO_2 막을 RF 스퍼터링법에 의해 하기의 조건에서 각각 형성하였다.
- [0116] 예칭 마스크막 형성 조건: SiO_2 타깃, Ar 가스 분위기(Ar: 100%)
- [0117] 막 두께: 13nm(흡수체막(4)의 두께 30nm), 15.1nm(흡수체막(4)의 두께 34.8nm), 17.2nm(흡수체막(4)의 두께 39.5nm)
- [0118] 러더포드 후방 산란 분석법에 의해 예칭 마스크막(5)의 원소 조성을 측정한바, 예칭 마스크막(5)은 SiO_2 막임을 확인하였다.
- [0119] 다음으로, 실시예 2의 반사형 마스크 블랭크(100)를 사용하여, 실시예 2의 반사형 마스크(200)를 제조하였다.
- [0120] 실시예 1과 마찬가지로, 반사형 마스크 블랭크(100)의 예칭 마스크막(5)의 위에 레지스트막(11)을 100nm의 두께로 형성하였다(도 2의 (a)). 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성하였다(도 2의 (b)). 이어서, 레지스트 패턴(11a)을 마스크로 하여 SiO_2 막(예칭 마스크막(5))의 건식 예칭을, 불소 함유 가스(구체적으로는, CF_4 가스)을 사용해서 행하였다. 이 건식 예칭에 의해, 예칭 마스크 패턴(5a)을 형성 수 있었다(도 2의 (c)). 계속해서, Ni막(흡수체막(4))의 건식 예칭을, Cl_2 가스를 사용하여 행함으로써, 흡수체 패턴(4a)을 형성하였다(도 2의 (d)).
- [0121] 실시예 2에서는, 실시예 1과 마찬가지로, 흡수체막(4) 위에 예칭 마스크막(5)이 형성되어 있음으로써, Ni막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 용이하게 예칭할 수 있었다. 또한, 전사 패턴을 형성하기 위한 레지스트막(11)을 박막화할 수 있으므로, 미세 패턴을 갖는 반사형 마스크(200)가 얻어진다. 실시예 2에서는, 흡수체막(4)의 위에 예칭 선택성이 높은 재료로 이루어지는 예칭 마스크막(5)이 형성되어 있음으로써, 흡수체막(4)을 용이하게 예칭 할 수 있어, 레지스트막(11)을 박막화할 수 있었다. 따라서, 실시예 2에서는, 해상도의 저하 및 패턴 쓰러짐이라는 문제의 발생을 억제할 수 있었다. 여기서, 예칭 마스크막(5)에 대한 흡수체막(4)의 예칭 선택비는 5.2였다.
- [0122] 그 후, 레지스트 패턴(11a)을 애성 및 레지스트 박리액 등으로 제거하였다. 또한, 예칭 마스크 패턴(5a)을, 불소 함유 가스(구체적으로는, CF_4 가스)를 사용한 건식 예칭에 의해 제거하였다. 마지막으로 순수(DIW)를 사용한 웨트 세정을 행하였다. 상술한 공정에서, 실시예 2의 반사형 마스크(200)를 제조하였다(도 2의 (e)). 또한, 필요에 따라서 웨트 세정 후, 마스크 결함 검사를 행하고, 마스크 결함 수정을 적절히 행한다.
- [0123] 실시예 2의 반사형 마스크(200)에서는, 예칭 마스크막(5)은 규소계 재료이기 때문에, 불소 함유 가스에서의 가공성이 좋아, 높은 정밀도로 예칭 마스크 패턴(5a)을 형성할 수 있었다. 또한, 흡수체 패턴(4a)의 막 두께는 각각 30nm, 34.8nm 및 39.5nm이며, 종래의 Ta계 재료로 형성된 흡수체막보다도 얇게 할 수 있어, 쉐도잉 효과를 저감시킬 수 있었다.
- [0124] 실시예 2의 반사형 마스크(200)는, 실시예 1과 마찬가지로, HV 바이어스를 작게 할 수 있어, 세정 내성에 문제가 없음을 확인할 수 있었다. 또한, 실시예 1과 마찬가지로, 실시예 2의 반사형 마스크(200)를 사용함으로써, 원하는 특성을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있었다.
- [0125] (비)교예 1)
- [0126] 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크에 대하여 설명한다. 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크는, 이면 도전막(6)과, 기판(1)과, 다층 반사막(2)과, 보호막(3)과, 흡수체막(4)을 갖는다. 단, 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크는, 실시예 1과는 달리, 예칭 마스크막(5)을 갖지 않는다. 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크의 기판(1), 다층 반사막(2), 보호막(3) 및 흡수체막(4)은, 실시예 1과 동일하다.
- [0127] 다음으로, 도 7의 (a)에 도시한 바와 같이, 비교예 1의 반사형 마스크 블랭크를 사용하여, 비교예 1의 반사형 마스크(200)의 제조를 시도하였다.
- [0128] 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막(4)의 위에 레지스트막(11)을 100nm의 두께로 형성하였다(도 7의 (a)). 이 레지스트막(11)에 원하는 패턴을 묘화(노광)하고, 추가로 현상, 린스함으로써 소정의 레지스트 패턴(11a)을 형성하였다(도 7의 (b)). 이어서, Ni막(흡수체막(4))의 건식 예칭을, Cl_2 가스를 사용하여 행함으로써, 흡수체 패턴(4a)을 형성하는 것을 시도하였다(도 7의 (c)). 그 후, 레지스트 패턴(11a)을 애성 및 레지스트 박리액 등으

로 제거하고, 도 7의 (d)에 도시한 바와 같은 반사형 마스크(200)를 얻는 것을 예정하고 있었다.

[0129] Ni막으로 이루어지는 흡수체막(4)은, Ta계 재료와 비교하면, 에칭하기 어렵다. 그 때문에, 비교예 1의 경우, 흡수체막(4) 위에 에칭 마스크막(5)이 형성되어 있지 않았음으로써, Ni막으로 이루어지는 흡수체막(4)을 용이하게 에칭할 수 없었다. 즉, 흡수체 패턴(4a)이 형성되기 전에, 에칭에 의해 레지스트 패턴(11a)이 소실되어버렸다. 따라서, 비교예 1의 경우, 도 7의 (c)에 도시한 흡수체 패턴(4a) 및 도 7의 (d)에 도시한 바와 같은 반사형 마스크(200)를 얻을 수 없었다.

[0130] 비교예 1의 결과로부터, 흡수체막(4) 위에 에칭 마스크막(5)이 형성되지 않는 경우에는, 매우 두꺼운 레지스트 막(11)이 필요하다고 할 수 있다. 즉, 에칭 마스크막(5)이 없는 경우, Cl₂ 가스에 의한 흡수체막(4)의 건식 에칭 중에 레지스트 패턴(11a)도 에칭되어버리기 때문에, 레지스트막(11)의 막 두께를 두껍게 해 놓을 필요가 있다. 그러나, 두꺼운 레지스트막(11)을 갖는 경우에는 해상도가 낮아진다는 문제가 발생한다. 또한 레지스트 패턴(11a)의 애스펙트비(높이/선 폭)가 커지면, 패턴 현상 및 린스 시에, 패턴 쓰러짐이 발생한다는 문제가 생긴다.

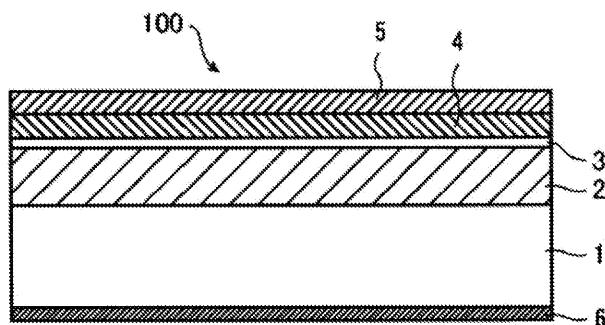
부호의 설명

[0131]

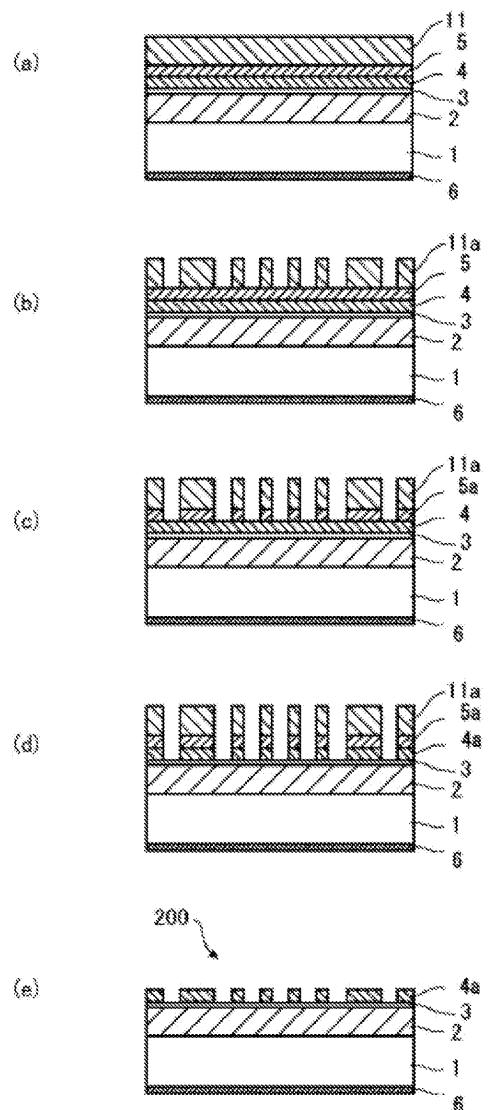
- 1: 기판
- 2: 다층 반사막
- 3: 보호막
- 4: 흡수체막
- 5: 에칭 마스크막
- 6: 이면 도전막
- 11: 레지스트막
- 11a: 레지스트 패턴
- 100: 반사형 마스크 블랭크
- 200: 반사형 마스크

도면

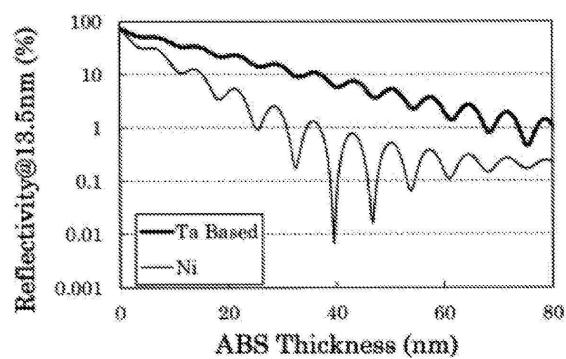
도면1



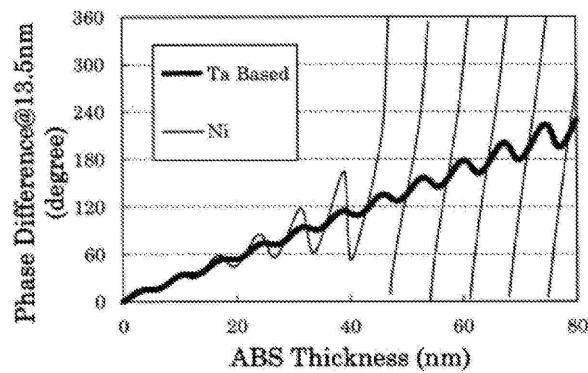
도면2



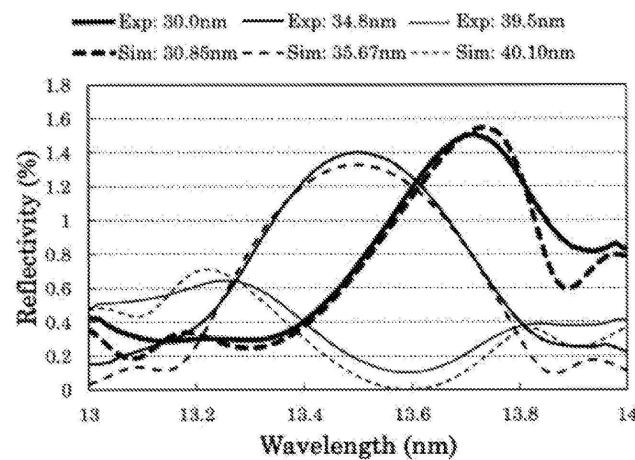
도면3



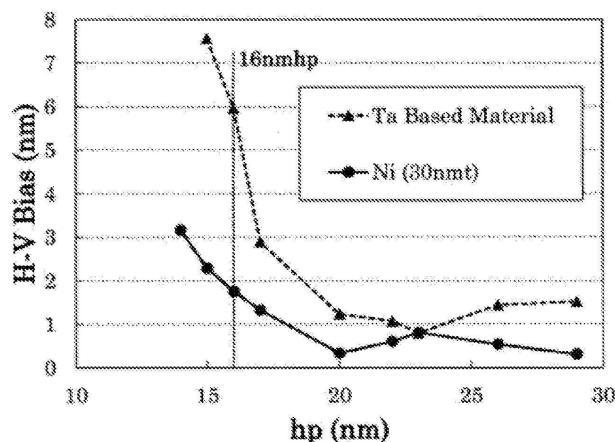
도면4



도면5



도면6



도면7

