



등록특허 10-2741928



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년12월16일

(11) 등록번호 10-2741928

(24) 등록일자 2024년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/24 (2012.01) *C23C 14/14* (2006.01)
C23C 14/34 (2006.01) *C23C 14/35* (2006.01)
G03F 1/48 (2012.01) *G03F 1/54* (2012.01)
(52) CPC특허분류
G03F 1/24 (2013.01)
C23C 14/14 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-7003323
(22) 출원일자(국제) 2022년12월26일
심사청구일자 2024년01월29일
(85) 번역문제출일자 2024년01월29일
(65) 공개번호 10-2024-0024272
(43) 공개일자 2024년02월23일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2022/047930
(87) 국제공개번호 WO 2023/127799
국제공개일자 2023년07월06일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-214753 2021년12월28일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2021056502 A*
JP2001059901 A
KR1020010066880 A
KR1020130007533 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
에이지씨 가부시기가이샤
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메 5방 1고
(72) 발명자
아카기 다이지로
일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메
5방 1고 에이지씨 가부시기가이샤 내
이와오카 히로아키
일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메
5방 1고 에이지씨 가부시기가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
한상욱, 최희준, 이석재

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 민경구

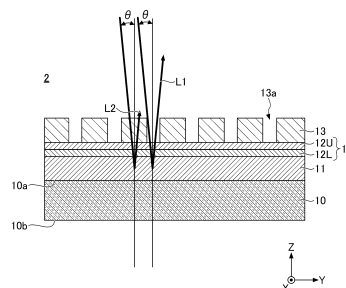
(54) 발명의 명칭 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법 및 반사형 마스크의 제조 방법

(57) 요약

기판과, EUV광을 반사하는 다층 반사막과, 상기 다층 반사막을 보호하는 보호막과, 상기 EUV광을 흡수하는 흡수막을 아래로부터 위로 이 순으로 갖는 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크이며, 상기 보호막이, Rh, 또는 Rh와, N, O, C, B, Ru, Nb, Mo, Ta, Ir, Pd, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함

(뒷면에 계속)

대표도 - 도3



하는, 로듬계 재료를 포함하는 상층과, EUV 영역에 있어서, $k < -0.15n + 0.16$ [식 중, n 은 굴절률이며, k 는 소외 계수이다] 을 충족하는 하층을 구비하고 있다.

(52) CPC특허분류

C23C 14/3442 (2013.01)

C23C 14/35 (2013.01)

G03F 1/48 (2013.01)

G03F 1/54 (2013.01)

(72) 발명자

니시다 와타루

일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메
5방 1고 에이지씨 가부시카가이샤 내

이시카와 이치로

일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메
5방 1고 에이지씨 가부시카가이샤 내

사사키 겐이치

일본 1008405 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메
5방 1고 에이지씨 가부시카가이샤 내

명세서

청구범위

청구항 1

기관과, EUV광을 반사하는 다층 반사막과, 상기 다층 반사막을 보호하는 보호막과, 상기 EUV광을 흡수하는 흡수막을 아래로부터 위로 이 순으로 갖는 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크이며,

상기 보호막이,

Rh, 또는 Rh와, N, O, C, B, Ru, Nb, Mo, Ta, Ir, Pd, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, Rh를 50 내지 100원자% 포함하는 로듐계 재료로 이루어지는 상층과,

Ru, Nb, Mo, Zr, Y, C 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, EUV 영역에 있어서 하기 식 (I)

$$k < -0.15n + 0.16 \quad \cdots (I)$$

[식 중, n은 굴절률이며, k는 소위 계수이다] 을 충족하는 하층을 구비한, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 하층은, Ru 및 Nb로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 하층의 굴절률 n은 0.92 이하인, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 하층은 Ru을 포함하는, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 상층의 두께가 0.5nm 이상 3.5nm 이하이며,

상기 하층의 두께가 0.4nm 이상 2.5nm 이하인, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 흡수막은,

Ru, Ir, Pt, Pd, Au, Ta 및 Cr로부터 선택되는 적어도 하나의 원소와,

O, B 및 C로부터 선택되는 적어도 하나의 비금속 원소를 포함하는, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 흡수막 상에 에칭 마스크막을 갖고,

상기 에칭 마스크막이, Al, Hf, Y, Cr, Nb, Ti, Mo, Ta 및 Si로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, 반사형 마스크 블랭크.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 기재된 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수막에 패턴이 형성되어 있는, 반사형 마스크.

청구항 9

기관 상에

EUV광을 반사하는 다층 반사막을 형성하고,

상기 다층 반사막을 보호하는 보호막을 형성하고,

상기 EUV광을 흡수하는 흡수막을 형성하는 것을 포함하고,

상기 보호막의 형성이,

(i) Ru, Nb, Mo, Zr, Y, C 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하고, EUV 영역에 있어서 하기 식 (I)

$$k < -0.15n + 0.16 \quad (I)$$

[식 중, n은 굴절률이며, k는 소외 계수이다] 을 충족하는 하층과,

(ii) Rh, 또는 Rh와, N, O, C, B, Ru, Nb, Mo, Ta, Ir, Pd, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, Rh를 50 내지 100원자% 포함하는 로듐계 재료로 이루어지는 상층을 형성하는 것을 포함하는, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 보호막의 상기 하층 형성 개시부터 상기 보호막의 상기 상층 형성을 완료할 때까지는 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하는, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 다층 반사막의 형성 개시부터 상기 보호막의 상기 하층 및 상기 상층 형성을 완료할 때까지는 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하는, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서, 상기 보호막의 상기 하층 및 상기 상층을 각각, 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 성막하는, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 다층 반사막, 그리고 상기 보호막의 상기 하층 및 상기 상층을 각각, 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 성막하는, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 14

제9항에 기재된 제조 방법을 사용하여 반사형 마스크 블랭크를 준비하고,

상기 흡수막에 개구 패턴을 형성하는 것을 포함하는, 반사형 마스크의 제조 방법.

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법 및 반사형 마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, 반도체 디바이스의 미세화에 수반하여, 극단 자외선(Extreme Ultra-Violet: EUV)을 사용한 노광 기술인 EUV 리소그래피(EUVL)가 개발되고 있다. EUV란, 연X선 및 진공 자외선을 포함하고, 구체적으로는 파장이 0.2nm 내지 100nm 정도의 광이다. 현시점에서는, 13.5nm 정도의 파장의 EUV가 주로 검토되고 있다.

[0003] EUVL에는 반사형 마스크가 사용된다. 반사형 마스크는, 기판과, 다층 반사막과, 개구 패턴이 형성된 흡수막을

이 순으로 포함한다. EUVL에 있어서는, 반사형 마스크의 개구 패턴이 반도체 기판 등의 대상 기판에 전사된다.

[0004] 반사형 마스크의 구성으로서는, 다층 반사막과 흡수막 사이에 추가로 보호막이 마련된 것도 알려져 있다. 보호막은, 마스크의 제조 시에 흡수막에 개구 패턴을 형성할 때에 실시되는 에칭 처리 등으로부터 다층 반사막을 보호하는 기능을 갖고, 제조 후에도 반사형 마스크에 남겨지는 막이다.

[0005] 예를 들어, 특허문헌 1에는, 기판과, 해당 기판 상에 형성되어서 노광광을 반사하는 다층 반사막과, 해당 다층 반사막 상에 형성되어서 상기 노광광을 선택적으로 흡수하는 흡수막과, 상기 다층 반사막과 흡수막 사이에 형성되어서 흡수막의 에칭 환경에 내성을 갖는 중간층을 포함하는 반사형 마스크 블랭크이며, 중간층의 재료가 Cr, Ru, Rh로부터 선택되는 적어도 하나의 원소와 Si를 포함하는 것이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 일본 특허 제4346656호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 보호막의 재료는, 흡수막의 재료, 및 그 흡수막에 따른 에칭 조건을 감안하여 선택된다. 그러나, 근년, 흡수막으로서 여러 가지 재료가 검토되고 있다. 흡수막의 재료 및 그 흡수막의 에칭 조건에 따라서는, 종래의 보호막 재료의 내성이 충분하지 않아, 다층 반사막을 충분히 보호할 수 없는 경우가 있다. 또한 한편으로, 보호막의 재료 선택 시에는, 보호막과 바로 아래의 다층 반사막 사이에서의 믹싱이나, 노광광의 반사율에 대한 영향도 배려할 필요가 있다.

[0008] 따라서, 본 개시의 일 양태는, 우수한 에칭 내성을 가짐과 함께, 다층 반사막과의 믹싱이 억제된 보호막을 구비한 구성을 제공하는 것을 과제로 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 개시의 일 양태에 관계되는 반사형 마스크 블랭크는, 기판과, EUV광을 반사하는 다층 반사막과, 상기 다층 반사막을 보호하는 보호막과, 상기 EUV광을 흡수하는 흡수막을 아래로부터 위로 이 순으로 갖는 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크이며, 상기 보호막이, Rh, 또는 Rh와, N, O, C, B, Ru, Nb, Mo, Ta, Ir, Pd, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, Rh를 50 내지 100원자% 포함하는 로듐계 재료로 이루어지는 상층과, Ru, Nb, Mo, Zr, Y, C 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하고, EUV 영역에 있어서, $k < -0.15n + 0.16$ [식 중, n은 굴절률이며, k는 소외 계수이다] 을 충족하는 하층을 구비하고 있다.

발명의 효과

[0010] 본 개시의 일 양태에 의하면, 우수한 에칭 내성을 가짐과 함께, 다층 반사막과의 믹싱이 억제된 보호막을 구비한 구성을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크 블랭크를 도시하는 단면도이다.

도 2는 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크를 도시하는 단면도이다.

도 3은 도 2의 반사형 마스크에서 반사된 EUV광의 일례를 도시하는 단면도이다.

도 4는 각 물질의 굴절률 및 소외 계수의 일례를 도시하는 도면이다.

도 5는 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 6은 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크의 제조 방법을 도시하는 흐름도이다.

도 7은 예 1의 반사형 마스크 블랭크의 분석·관찰 결과를 도시하는 도면이다.

도 8은 예 2의 반사형 마스크 블랭크의 분석·관찰 결과를 도시하는 도면이다.

도 9는 예 3의 반사형 마스크 블랭크의 분석·관찰 결과를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하, 본 개시를 실시하기 위한 형태에 대하여 도면을 참조하여 설명한다. 각 도면에 있어서 동일한 또는 대응하는 구성에는 동일한 부호를 부여하고, 설명을 생략하는 경우가 있다. 명세서 중, 수치 범위를 나타내는 「내지」는, 그 전후에 기재된 수치를 하한값 및 상한값으로서 포함하는 것을 의미한다.
- [0013] 도 1 내지 도 3에 있어서, X축 방향과 Y축 방향과 Z축 방향은 서로 직교하는 방향이다. Z축 방향은, 기관(10)의 면 방향에 대하여 수직인 방향이며, Z축의 정방향(+Z 방향)을 상측 방향으로 하고, Z축의 부방향(-Z 방향)을 하측 방향으로 한다. 여기서, EUV광이 조사되는 측이 상측, 그 반대 방향이 하측이다. X축 방향은, EUV광의 입사면(입사 광선과 반사 광선을 포함하는 면)에 직교하는 방향이다. 또한, 도 3에 도시한 바와 같이, X축 방향으로부터 보았을 때에, 입사 광선 및 반사 광선은, -Z축 방향 또는 -Z축 방향으로 향할수록 Y축 방향으로 경사져 있다.
- [0014] 도 1을 참조하여, 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크 블랭크(1)에 대하여 설명한다. 반사형 마스크 블랭크(1)는 적어도, 기관(10)과, 다층 반사막(11)과, 보호막(12)과, 흡수막(13)과, 에칭 마스크막(14)을 아래로부터 위로 이 순번으로 갖는다. 또한, 도 1에 도시하는 바와 같이, 본 실시 형태에서는, 보호막(12)은 하층(12L)과, 하층(12L) 상에 형성된 상층(12U)을 적어도 구비하고 있다. 다층 반사막(11)과, 보호막(12)의 하층(12L)과, 보호막(12)의 상층(12U)과, 흡수막(13)과, 에칭 마스크막(14)은, 아래로부터 위로 이 순번으로, 기관(10)의 상측 주면(상면)(10a)에 형성된다.
- [0015] 반사형 마스크 블랭크(1)는 도 1에 도시하지 않은 기능막을 또한 가져도 된다. 예를 들어, 반사형 마스크 블랭크(1)는 하측에 도전막을 가져도 된다. 예를 들어, 도전막은, 기관(10)의 상면(10a)과 반대측의 면인 하면(10b)에 형성될 수 있다. 도전막은, 예를 들어 반사형 마스크(2)를 노광 장치의 정전 척에 흡착시키는 데 사용된다.
- [0016] 반사형 마스크 블랭크(1)는 도시하지 않지만, 보호막(12)과 흡수막(13) 사이에 버퍼막을 가져도 된다. 버퍼막은, 흡수막(13)에 개구 패턴(13a)을 형성하는 에칭 가스로부터, 보호막(12)을 보호한다. 버퍼막은, 흡수막(13)보다도 완만하게 에칭된다. 버퍼막은, 보호막(12)과는 달리, 최종적으로 흡수막(13)의 개구 패턴(13a)과 동일한 개구 패턴을 갖게 된다.
- [0017] 이어서, 도 2 및 도 3을 참조하여, 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크(2)에 대하여 설명한다. 반사형 마스크(2)는 예를 들어, 도 1에 도시하는 반사형 마스크 블랭크(1)에 있어서의 흡수막(13)에, 원하는 반도체 디바이스의 패턴에 대응하는 개구 패턴(13a)이 형성된 것이다. 또한, 도 1에 도시하는 에칭 마스크막(14)은 흡수막(13)에 개구 패턴(13a)을 형성한 후에 제거된다. EUVL에서는, 흡수막(13)의 개구 패턴(13a)이 반도체 기관 등의 대상 기관에 전사된다. 전사한다는 것은, 축소하여 전사한다는 것을 포함한다.
- [0018] 이하, 기관(10), 다층 반사막(11), 보호막(12), 흡수막(13) 및 에칭 마스크막(14)에 대하여 설명한다.
- [0019] 기관(10)은 예를 들어 유리 기관이다. 기관(10)의 재질은, TiO_2 를 함유하는 석영 유리가 바람직하다. 석영 유리는, 일반적인 소다석회 유리에 비하여, 선팅창 계수가 작아, 온도 변화에 따른 치수 변화가 작다. 석영 유리는, SiO_2 를 80질량% 내지 95질량%, TiO_2 를 4질량% 내지 17질량% 포함해도 된다. TiO_2 함유량이 4질량% 내지 17질량%이면, 실온 부근에서의 선팅창 계수가 대략 제로이며, 실온 부근에서의 치수 변화가 거의 발생하지 않는다. 석영 유리는, SiO_2 및 TiO_2 이외의 제3 성분 또는 불순물을 포함해도 된다. 또한, 기관(10)의 재질은, β 석영 고용체를 석출한 결정화 유리, 실리콘, 또는 금속 등이어도 된다.
- [0020] 상술한 바와 같이, 기관(10)의 상면(10a)에는, 다층 반사막(11) 등이 형성된다. 평면으로 보아(Z축 방향에서 보아) 기관(10)의 사이즈는, 예를 들어 세로 152mm, 가로 152mm이다. 세로 치수 및 가로 치수는, 152mm 이상이어도 된다. 기관(10)의 상면(10a) 및 하면(10b)은 각각의 중앙에, 예를 들어 세로 142mm, 가로 142mm의 정사각형의 품질 보증 영역을 갖는다. 상면(10a)의 품질 보증 영역은, 0.15nm 이하의 제곱 평균 조도(RMS)와, 100nm 이하의 평탄도를 갖는 것이 바람직하다. 또한, 상면(10a)의 품질 보증 영역은, 위상 결함을 발생시키는 결점을

갖지 않는 것이 바람직하다.

- [0021] 다층 반사막(11)은 EUV광을 반사하는 막이며, 예를 들어 고굴절률층과 저굴절률층을 교호로 적층한 것이다. 고굴절률층의 재질은 예를 들어 실리콘(Si)이며, 저굴절률층의 재질은 예를 들어 몰리브덴(Mo)이다. 따라서, 다층 반사막으로서는, Mo/Si 다층 반사막을 사용할 수 있다. 또한, Ru/Si 다층 반사막, Mo/Be 다층 반사막, Mo 화합물/Si 화합물 다층 반사막, Si/Mo/Ru 다층 반사막, Si/Mo/Ru/Mo 다층 반사막, Si/Ru/Mo/Ru 다층 반사막 등도, 다층 반사막(11)으로서 사용 가능하다.
- [0022] 다층 반사막(11)을 구성하는 각 층의 두께 및 층의 반복 단위의 수는, 각 층의 재질 및 EUV광에 대한 반사율에 따라서 적절히 선택할 수 있다. 다층 반사막(11)은 Mo/Si 다층 반사막인 경우, 입사각 θ (도 3)가 6° 인 EUV광에 대하여 60% 이상의 반사율을 달성하기 위해서는, 두께 $2.3 \pm 0.1\text{nm}$ 의 Mo층과, 두께 $4.5 \pm 0.1\text{nm}$ 의 Si층을 반복 단위수가 30 이상 60 이하로 되도록 적층하면 된다. 다층 반사막(11)은 입사각 θ 가 6° 인 EUV광에 대하여 60% 이상의 반사율을 갖는 것이 바람직하다. 반사율은, 보다 바람직하게는 65% 이상이다.
- [0023] 다층 반사막(11)을 구성하는 각 층의 성막 방법은, 예를 들어, DC 스퍼터링법, 마그네트론 스퍼터링법, 또는 이온빔 스퍼터링법 등이다. 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Mo/Si 다층 반사막을 형성하는 경우, Mo층과 Si층의 각각의 성막 조건의 일례는 하기와 같다.
- [0024] <Si층의 성막 조건>
- [0025] 타겟: Si 타겟
- [0026] 스퍼터 가스: Ar 가스
- [0027] 가스압: $1.3 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 내지 $2.7 \times 10^{-2}\text{Pa}$
- [0028] 이온 가속 전압: 300V 내지 1500V
- [0029] 성막 속도: 0.030nm/sec 내지 0.300nm/sec
- [0030] Si층의 두께: $4.5 \pm 0.1\text{nm}$
- [0031] <Mo층의 성막 조건>
- [0032] 타겟: Mo 타겟
- [0033] 스퍼터 가스: Ar 가스
- [0034] 가스압: $1.3 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 내지 $2.7 \times 10^{-2}\text{Pa}$
- [0035] 이온 가속 전압: 300V 내지 1500V
- [0036] 성막 속도: 0.030nm/sec 내지 0.300nm/sec
- [0037] Mo층의 두께: $2.3 \pm 0.1\text{nm}$
- [0038] <Si층과 Mo층의 반복 단위>
- [0039] 반복 단위수: 30 내지 60(바람직하게는 40 내지 50).
- [0040] 보호막(12)은 다층 반사막(11)과 흡수막(13) 사이에 형성되고, 다층 반사막(11)을 보호하는 기능을 갖는 막이다. 보호막(12)은 흡수막(13)에 개구 패턴(13a)(도 2 및 도 3)을 형성하는 에칭 가스로부터 다층 반사막(11)을 보호한다. 또한, 보호막(12)은 반사형 마스크(2)의 제조 시에 제거되지 않고, 다층 반사막(11) 상에 머무르는 것이다. 보호막(12)은 다층 반사막(11)에 의한 EUV광의 반사를 방해하지 않거나, 반사율의 저하를 최소한으로 억제한다.
- [0041] 흡수막(13)에 있어서의 개구 패턴(13a)을 형성하기 위한 에칭 가스는, 예를 들어 산소계 가스, 할로젠계 가스, 또는 이들의 혼합 가스이면 되고, 산소계 가스이면 바람직하다. 산소계 가스는, 흡수막(13)이 루테튬계 재료를 포함하는 경우에 적합하게 사용된다. 산소계 가스로서는, O_2 가스, O_3 가스 등을 들 수 있다. 할로젠계 가스로서는, 염소계 가스, 불소계 가스를 들 수 있다. 상기 에칭 가스, 특히 산소계 가스는, 반사형 마스크의 제조 공정 중 뿐만 아니라, 반사형 마스크의 사용을 개시한 후의 메인터넌스 시에, 반사형 마스크의 표면을 클리닝하기 위해서도 사용될 수 있다.

- [0042] 에칭 선택비, 즉 에칭 가스에 의한 보호막(12)의 에칭 속도 ER2에 대한, 에칭 가스에 의한 흡수막(13)의 에칭 속도 ER1의 비(ER1/ER2)는, 바람직하게는 10 이상, 보다 바람직하게는 30 이상, 또한 바람직하게는 200 이하, 보다 바람직하게는 100 이하이면 된다.
- [0043] 도 1 내지 도 3에 도시한 바와 같이, 보호막(12)은 하층(12L) 및 상층(12U)을 갖는다. 하층(12L)은 다층 반사막(11)의 최상면에 접촉하여 형성된 층이며, 상층(12U)은 흡수막(13)의 최하면에 접촉하고 있다. 이와 같이, 보호막(12)을 복수층 구조로 함으로써, 소정의 기능이 우수한 재료를 각 층에 사용할 수 있으므로, 보호막(12) 전체의 다기능화를 도모할 수 있다.
- [0044] 상층(12U)은 로듐(Rh)계 재료이면 된다. 로듐계 재료는, Rh만을 포함해도 되고, Rh와 Rh 이외의 원소를 포함해도 된다. 상층(12U)에 포함되는 재료 중, at% 기준(원자% 기준)으로 Rh가 가장 많이 포함되는 것이 바람직하다. 또한, 로듐계 재료는, Rh를 주성분으로 하는, 즉 Rh의 함유량이 50at% 이상인 것이 바람직하다. 로듐계 재료에 있어서의 Rh의 함유량은, 바람직하게는 50at% 내지 100at%, 보다 바람직하게는 50at% 초과 내지 100at%이면 된다. 상층(12U)이 로듐계 재료인 것에 의해, 반사형 마스크(2)의 제조 시에 있어서의 흡수막(13)의 에칭 공정에 있어서, 보호막(12)이 에칭 가스에 대한 높은 에칭 내성이 얻어진다. 예를 들어, 상층(12U)이 로듐계 재료인 경우, 상층(12U)이 루테튬계 재료인 경우에 비하여, 특히 산소계 에칭 가스에 대한 높은 건식 에칭 내성이 얻어진다. 그 때문에, 흡수막(13)에 개구 패턴(13a)을 형성할 때에 보호막(12)이 깎여서 다층 반사막(11)에 대미지가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 또한, 반사형 마스크의 사용 개시 후에 반사형 마스크(2)의 표면을 클리닝할 때에 에칭 가스, 특히 산소계 에칭 가스가 사용된 경우에도, 보호막(12)의 에칭 내성을 높일 수 있고, 반사형 마스크(2)의 사용 가능 횟수를 길게 할 수 있다.
- [0045] 또한, 상층(12U)을 로듐계 재료로 형성함으로써, 보호막(12)의, 황산-과산화수소수 혼합액(SPM 세정액) 등에 대한 내성도 향상된다. 그 때문에, 레지스트막의 제거(후술), 또는 반사형 마스크(2)의 세정 등의 공정에 있어서도, 보호막(12)이 유지되어, 다층 반사막(11)에 대한 대미지를 억제할 수 있다. 또한, 로듐계 재료를 상층(12U)에 사용함으로써, EUV광에 대하여 비교적 높은 반사율을 유지할 수 있다.
- [0046] 또한, 상층(12U)이 Rh 이외의 원소를 포함하는 경우, Rh 이외의 원소로서, N, O, C, B, Ru, Nb, Mo, Ta, Ir, Pd, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 것이 바람직하다. 그 중에서도, 상층(12U)에 포함되는 Rh 이외의 원소가, N, O, C 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나인 경우, 상층(12U)의 결정성을 저하시켜서 평활성을 향상시킨다는 관점에서 바람직하다. 또한, 상층(12U)에 포함되는 Rh 이외의 원소가, Ru, Nb, Mo, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 경우, 굴절률 n의 증대를 억제하면서 소외 계수 k를 작게 할 수 있어, EUV광에 대한 반사율을 향상시킬 수 있다고 하는 관점에서 바람직하다.
- [0047] 상층(12U)이 Rh와 Rh 이외의 원소를 포함하는 경우, 상층(12U)에 포함되는 Rh와 Rh 이외의 원소의 원소비는, 바람직하게는 50:50 내지 99:1, 보다 바람직하게는 70:30 내지 95:5이면 된다. 본 명세서에 있어서, 원소비는 몰비이다. Rh와 Rh 이외의 원소의 원소비를 상기 범위로 함으로써, 굴절률 n의 증대를 억제하면서 소외 계수 k를 작게 할 수 있으므로 EUV광에 대한 반사율을 향상시킬 수 있고, 또한 상층(12U)의 결정화를 억제할 수 있다.
- [0048] 여기서, 에칭 가스에 대한 내성의 향상 등의 관점에서는, 보호막(12)의 재료로서 상술한 로듐계 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 그러나, 로듐계 재료를 포함하는 층을 다층 반사막(11) 상에 직접 형성한 경우, 각 층의 성막 방법, 다층 반사막(11)의 재료 등에 따라서는, 보호막(12)과 다층 반사막(11) 사이에서 믹싱이 발생하는 경우가 있다. 반사형 마스크 블랭크(1) 혹은 반사형 마스크(2)에 있어서의 층 사이의 믹싱은, XPS에 의한 깊이 분석이나 러더포드 후방 산란 분석법 등에 의해 원소의 분포 상태를 분석·관찰함으로써, 또한 전자 현미경 사진 등 따라서 계면의 흐트러짐으로서도 시각적으로 인식될 수 있다.
- [0049] 본 발명자들은, 보호막(12)의 상층(12U)과 다층 반사막(11) 사이에,
- [0050] $k < -0.15n + 0.16 \quad \cdots (I)$
- [0051] [식 중, n은 굴절률이며, k는 소외 계수이다] 을 EUV 영역에 있어서 충족하는 하층(12L)을 마련함으로써, 보호막(12)과 다층 반사막(11) 사이에서의 믹싱을 억제할 수 있음을 알아냈다. 즉, 본 실시 형태에 있어서의 상기 식 (I)을 충족하는 하층(12L)을 마련함으로써, 상층(12U)에 포함되는 물질이 다층 반사막(11)을 향하여 하방으로 확산하는 것을 방지할 수 있고, 또한 하층(12L)에 포함되는 물질도 다층 반사막(11) 내로 확산하기 어려움을 알아냈다. 다층 반사막(11)이 Si/Mo 다층 반사막인 경우에는, 보호막(12)과, 다층 반사막(11)의 최상층을 구성하는 Si층의 믹싱을 억제할 수 있다. 층 사이에서의 믹싱은 반사율의 저하나 내구성의 저하로 이어지지만, 본

실시 형태의 구성에 의해 층 사이에서의 믹싱을 억제함으로써, 반사형 마스크(2)의 EUV광에 대한 반사율을 유지할 수 있다.

[0052] 또한, 도 4에 도시하는 바와 같이, $k < -0.15n + 0.16$ 을 충족하는 물질(단체 및/또는 화합물)은 굴절률 n 및 소외 계수 k 를 모두 작게 할 수 있는 점에서, 하층(12L) 자체에 의한 EUV광의 반사율에 대한 영향도 억제된다.

[0053] 또한, 막 혹은 층의 굴절률 n 및 소외 계수 k 는, Center for X-Ray Optics, Lawrence Berkeley National Laboratory의 데이터베이스의 값, 또는 하기의 반사율의 「입사각의 의존성」으로부터 산출한 값으로 할 수 있다. EUV광의 입사각 θ 와, EUV광에 대한 반사율 R 과, 막의 굴절률 n 과, 막의 소외 계수 k 는, 하기의 식 (1)을 충족한다.

[0054]
$$R = |(\sin\theta - ((n+ik)^2 - \cos^2\theta)^{1/2}) / (\sin\theta + ((n+ik)^2 - \cos^2\theta)^{1/2})|^2 \quad \cdots(1)$$

[0055] 입사각 θ 와 반사율 R 의 조합을 복수 측정하고, 복수의 측정 데이터와 식 (1)의 오차가 최소가 되도록 피팅함으로써 굴절률 n 과 소외 계수 k 를 산출할 수 있다.

[0056] 하층(12L)은 Ru, Nb, Mo, Zr, Y, C 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 것이 바람직하고, Ru를 포함하는 것이 보다 바람직하다. 하층(12L)은 루테튬계 재료인 것이 바람직하다. 루테튬계 재료는, Ru만을 포함해도 되고, Ru와 Ru 이외의 원소를 포함해도 된다. 루테튬계 재료에 있어서의 Ru의 함유량은, 바람직하게는 50at% 내지 100at%이다. 하층(12L)이 상기 원소를 포함함으로써, 다층 반사막(11)과의 믹싱의 억제 및 반사율의 저하의 억제를 보다 한층 촉진할 수 있다.

[0057] 또한, 하층(12L)의 굴절률 n 은 0.875 이상 0.930 이하가 바람직하고, 0.875 이상 0.920 이하가 보다 바람직하고, 0.875 이상 0.910 이하가 더욱 바람직하고, 0.875 이상 0.900 이하이면 특히 바람직하다. 또한, 하층(12L)의 소외 계수 k 는, 0.005 이상 0.03 이하이면 바람직하다.

[0058] 본 실시 형태에 있어서의 상기 식 (1)을 충족하는 하층(12L)은 예를 들어 이온빔 스퍼터링이나 반응성 스퍼터링에 의해 조정할 수 있다. 이온빔 스퍼터링에 의해 조정한 하층(12L)은 치밀한 막이 되고, 더 얇은 막 두께로 보호막(12)과 다층 반사막(11) 사이에서의 믹싱을 억제할 수 있다. 또한, 하층(12L)을 반응성 스퍼터링에 의해 조정하는 경우, 하층(12L) 성막 시의 활성의 플라스마종에 의해, 다층 반사막(11)을 불활성화하여, 보호막(12)과 다층 반사막(11) 사이에서의 믹싱을 억제할 수 있다. 반응성 스퍼터링에서 사용하는 가스로서는, 질소, 산소, CO_2 및 CH_4 의 1 이상이 바람직하고, 질소가 보다 바람직하다.

[0059] 이와 같이, 본 실시 형태에서는, 보호막(12)을 상층(12U)과 하층(12L)의 조합으로 구성함으로써, 에칭 가스, 특히 산소계 에칭 가스에 대한 내성이 높고, 또한 하층의 다층 반사막(11)과의 믹싱이 억제되어, EUV광의 반사율이 양호하게 유지되는 보호막(12)을 구비한 구성을 제공할 수 있다.

[0060] 상층(12U)의 두께는, 0.5nm 이상 3.5nm 이하이면 바람직하고, 0.9nm 이상 3.0nm 이하이면 보다 바람직하고, 1.0nm 이상 2.5nm 이하이면 더욱 바람직하다. 상층(12U)의 두께를 상기 범위로 함으로써, 반사형 마스크의 제조 시의 에칭 공정에서의 다층 반사막(11)의 보호 기능이 충분히 확보됨과 함께, 다층 반사막(11)의 반사율의 저하를 억제할 수 있다. 또한, 하층(12L)의 두께는, 0.4nm 이상 2.5nm 이하이면 바람직하고, 0.5nm 이상 2.5nm 이하이면 보다 바람직하고, 0.5nm 이상 1.6nm 이하이면 더욱 바람직하다. 하층(12L)의 두께를 상기 범위로 함으로써, 상층(12U)의 재료가 다층 반사막(11) 내에 확산되는 것을 충분히 억제할 수 있고, 다층 반사막(11)의 반사율의 저하도 억제할 수 있다. 또한, 보호막(12) 전체의 두께는, 1.0nm 이상 5.0nm 이하이면 바람직하고, 2.0nm 이상 3.5nm 이하이면 보다 바람직하다.

[0061] 보호막(12)의 상면(흡수막이 형성되는 면), 즉 상층(12U)의 상면의 제곱 평균 조도(RMS)는 0.3nm 이하가 바람직하고, 0.1nm 이하가 보다 바람직하다.

[0062] 보호막(12)의 성막 방법은, 상층(12U) 및 하층(12L) 모두에 특별히 한정되지 않고 예를 들어, DC 스퍼터링법, 마그네트론 스퍼터링법(이하, MS법이라고 기재하는 경우도 있다.), 이온빔 스퍼터링법(이하, IBD법이라고 기재하는 경우도 있다.) 등이면 된다. 상층(12U) 및 하층(12L)은, 성막의 사이에 대기 중에 노출되는 일 없이(즉, 대기 개방하지 않고) 연속으로 성막하는 것이 바람직하다. 또한, 다층 반사막(11)의 성막 후부터, 상층(12U) 및 하층(12L)의 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하는 것이 보다 바람직하다. 즉, 다층 반사막(11)의 성막이 완료된 후에 일단 대기 개방해도 되지만, 다층 반사막(11)의 성막 개시부터 보호막의 상층(12U)의 성막이 완료될 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하는 것이 보다 바람직하다. 대기에 노출되는 일 없이 연속하여 성막함으로써, 반사율의 저하 원인이 될 수 있는 산화물의 형성을 억제할 수 있다. 또한, 다

층 반사막(11)의 성막 후, 상층(12U) 및 하층(12L)의 성막을 완료하고, 그 후 흡수막(13)의 성막이 완료될 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하는 것이 더욱 바람직하다.

[0063] 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 상층(12U)으로서 Rh막을 형성하는 경우, 성막 조건의 일례는 하기와 같다.

[0064] <Rh막의 성막 조건>

[0065] 타겟: Rh 타겟

[0066] 스퍼터 가스: Ar 가스 가스압: 0.10Pa 내지 0.20Pa

[0067] 타겟의 출력 밀도: 1.0W/cm² 내지 2.0W/cm²

[0068] 성막 속도: 0.02nm/sec 내지 0.07nm/sec

[0069] Rh막의 막 두께: 0.5nm 내지 3.5nm.

[0070] 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 하층(12L)으로서 Ru막을 형성하는 경우, 성막 조건의 일례는 하기와 같다.

[0071] <Ru막의 성막 조건>

[0072] 타겟: Ru 타겟

[0073] 스퍼터 가스: Ar 가스 가스압: 0.010Pa 내지 0.020Pa

[0074] 성막 속도: 0.01nm/sec 내지 0.10nm/sec

[0075] Ru막의 막 두께: 0.5nm 내지 2.5nm.

[0076] 도 1에 도시하는 바와 같이, 반사형 마스크 블랭크(1)에 있어서의 흡수막(13)은 개구 패턴(13a)이 형성될 예정의 막이다. 즉, 반사형 마스크(2)의 제조 공정에서, 흡수막(13)에 개구 패턴(13a)이 형성됨으로써 반사형 마스크 블랭크(1)가 가공되어, 반사형 마스크(2)가 얻어진다.

[0077] 흡수막(13)은 EUV광을 흡수한다. 흡수막(13)은 위상 시프트막이어도 되고, EUV광을 흡수할 뿐만 아니라, 예를 들어 도 3에 도시한 바와 같이, 제1 EUV광(L1)에 대하여 제2 EUV광(L2)의 위상을 시프트시켜도 된다. 제1 EUV광(L1)은, 흡수막(13)을 투과하지 않고 개구 패턴(13a)을 통과하고, 다층 반사막(11)에서 반사되고, 다시 흡수막(13)을 투과하지 않고 개구 패턴(13a)을 통과한 광이다. 제2 EUV광(L2)은, 흡수막(13)에 부분적으로 흡수되면서 흡수막(13)을 투과하고, 다층 반사막(11)에서 반사되고, 다시 흡수막(13)에 부분적으로 흡수되면서 흡수막(13)을 투과한 광이다.

[0078] 제1 EUV광(L1)과 제2 EUV광(L2)의 위상차(≥ 0)는 예를 들어 170° 내지 250° 이다. 제1 EUV광(L1)의 위상은, 제2 EUV광(L2)의 위상보다도, 진행되고 있어도 되고, 지연되어 있어도 된다. 위상 시프트막은, 제1 EUV광(L1)과 제2 EUV광(L2)의 간섭을 이용하여, 전사상의 콘트라스트를 향상시킬 수 있다. 전사상은, 흡수막(13)의 개구 패턴(13a)을 대상 기판에 전사한 상이 된다.

[0079] EUVL에서는, 소위 사영 효과(쉐도잉 효과)가 발생한다. 쉐도잉 효과란, EUV광의 입사각 θ 가 0° 이 아닌(예를 들어 6° 인) 것에 기인하여, 개구 패턴(13a)의 측벽 부근에, 측벽에 의해 EUV광을 차단하는 영역이 발생하여, 전사상의 위치 어긋남 또는 치수 어긋남이 발생하는 것을 말한다. 쉐도잉 효과를 저감하기 위해서는, 개구 패턴(13a)의 측벽을 낮게 하는 것이 유효하며, 흡수막(13)의 박화가 유효하다.

[0080] 흡수막(13)의 막 두께는, 쉐도잉 효과를 저감하기 위해, 예를 들어 60nm 이하이며, 바람직하게는 50nm 이하인 한편, 제1 EUV광(L1)과 제2 EUV광(L2)의 위상차를 확보하기 위해, 바람직하게는 20nm 이상이며, 보다 바람직하게는 30nm 이상이다.

[0081] 흡수막(13)은 특별히 한정되지 않지만, Ru, Ir, Pt, Pd, Au, Ta 및 Cr로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 금속 원소를 포함하는 것이 바람직하다. 상기 금속 원소는, 비교적 작은 굴절률을 가지므로(도 4), 흡수막(위상 시프트막)(13)의 막 두께를 작게 할 수 있다. 이에 의해, 제1 EUV광(L1)과 제2 EUV광(L2)의 위상차를 확보하면서, 상기 쉐도잉 효과를 저감할 수 있다. 흡수막(13)은 상기 금속 원소 중에서도 Ru를 포함하는 것이 바람직하다. 이와 같이 흡수막(13)이 Ru를 포함하는 경우에도, 본 실시 형태에서는 상술한 바와 같이 보호막(12)의 상층(12U)이 로듐계 재료를 포함하기 때문에, 흡수막(13)과 보호막(12) 사이에서의 양호한 에칭 선택비, 특히 산소계 가스에 대한 양호한 에칭 선택비를 얻을 수 있다. 흡수막(13)은 흡수막 하층과 흡수막 상층의 2층 구조여도 된다. 흡수막 하층은, 보호막(12)의 최상면에 접촉하여 형성된 층이다. 2층 구조로 함으로써, 제1

EUV광(L1)과 제2 EUV광(L2)의 위상차를 조정할 수 있다. 가공 특성의 관점에서, 흡수층(13)이 흡수막 하층에 Ta를 포함하고 흡수막 상층에 Ru를 포함하는 구성이나, 흡수막 하층이 Ru를 포함하고 또한 흡수막 상층이 Ir을 포함하는 구성이 바람직하다.

[0082] 흡수막(13)은 상기 금속 원소에 추가로, N, O, B 및 C로부터 선택되는 적어도 하나의 비금속 원소를 더 포함하고 있어도 된다. 상기 비금속 원소를 포함함으로써, 흡수막(13)의 결정화를 억제할 수 있어, 개구 패턴(13a)의 측벽의 조도를 작게 할 수 있다. 비금속 원소는, 적어도 산소를 포함하는 것이 바람직하고, 산소와 질소를 포함하는 것이 보다 바람직하다. 흡수막(13)이 금속 원소에 추가로 비금속 원소를 더 포함하는 경우, 흡수막(13)은 RuN막, TaN막, RuTaON막, TaON막 등이면 된다.

[0083] 흡수막(13)의 성막 방법은, DC 스퍼터링법, 마그네트론 스퍼터링법, 이온빔 스퍼터링법, 반응성 스퍼터링 등이면 된다.

[0084] 반응성 스퍼터링법을 사용하여 흡수막(13)으로서, RuTaON막을 형성하는 경우, 성막 조건의 일례는 하기와 같다.

[0085] <RuTaON막의 성막 조건>

[0086] 타겟: Ru 타겟 및 Ta 타겟

[0087] Ru 타겟의 출력 밀도: 8.8W/cm²

[0088] Ta 타겟의 출력 밀도: 0.41W/cm²

[0089] 스퍼터 가스: Ar 가스와 O₂ 가스와 N₂ 가스의 혼합 가스

[0090] 스퍼터 가스 중의 O₂ 가스의 체적비(O₂/(Ar+O₂+N₂)): 0.06

[0091] 스퍼터 가스 중의 N₂ 가스의 체적비(N₂/(Ar+O₂+N₂)): 0.21.

[0092] 에칭 마스크막(14)은 흡수막(13) 상에 형성되고, 흡수막(13)에 개구 패턴(13a)을 형성하는 데 사용된다. 에칭 마스크막(14) 상에는, 도시하지 않은 레지스트막이 마련된다. 반사형 마스크(2)의 제조 공정에서는, 우선 레지스트막에 제1 개구 패턴을 형성하고, 다음으로 제1 개구 패턴을 사용하여 에칭 마스크막(14)에 제2 개구 패턴을 형성하고, 다음으로 제2 개구 패턴을 사용하여 흡수막(13)에 제3 개구 패턴(13a)을 형성한다. 제1 개구 패턴과 제2 개구 패턴과 제3 개구 패턴(13a)은 평면으로 보아(Z축 방향에서 보아) 동일한 치수 및 동일한 형상을 갖는다. 에칭 마스크막(14)은 레지스트막의 박막화를 가능하게 한다.

[0093] 에칭 마스크막(14)은 Al, Hf, Y, Cr, Nb, Ti, Mo, Ta 및 Si로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는 것이 바람직하다. 에칭 마스크막(14)은 상기 원소에 추가로, O, N 및 B로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함해도 된다.

[0094] 에칭 마스크막(14)의 막 두께는, 2nm 이상 30nm 이하가 바람직하고, 2nm 이상 25nm 이하가 보다 바람직하고, 2nm 이상 10nm 이하가 더욱 바람직하다. 에칭 마스크막(14)의 성막 방법은, 예를 들어, DC 스퍼터링법, 마그네트론 스퍼터링법, 또는 이온빔 스퍼터링법 등이다.

[0095] 또한, 본 개시의 일 양태는, 기관 상에 EUV광을 반사하는 다층 반사막을 형성하고, 상기 다층 반사막을 보호하는 보호막을 형성하고, 상기 EUV광을 흡수하는 흡수막을 형성하는 것을 포함하고, 상기 보호막의 형성이, (i) EUV 영역에 있어서 $k < -0.15n + 0.16$ [식 중, n은 굴절률이며, k는 소피 계수이다] 을 충족하는 하층과, (ii) Rh, 또는 Rh와, N, O, C, B, Ru, Nb, Mo, Ta, Ir, Pd, Zr 및 Ti로 이루어지는 군에서 선택되는 적어도 하나의 원소를 포함하는, 로듐계 재료를 포함하는 상층을 형성하는 것을 포함하는, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법이면 된다.

[0096] 도 5를 참조하여, 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크 블랭크(1)의 제조 방법에 대하여 설명한다. 반사형 마스크 블랭크(1)의 제조 방법은, 예를 들어, 도 5에 도시하는 스텝 S101 내지 S105를 갖는다. 스텝 S101에서는, 기관(10)을 준비한다. 스텝 S102에서는, 기관(10)의 제1 주면(10a)에 다층 반사막(11)을 형성한다. 스텝 S103에서는, 다층 반사막(11) 상에 보호막(12)을 형성한다. 스텝 S104에서는, 보호막(12) 상에 흡수막(13)을 형성한다. 스텝 S105에서는, 흡수막(13) 상에 에칭 마스크막(14)을 형성한다.

[0097] 또한, 반사형 마스크 블랭크(1)의 제조 방법은, 적어도, 스텝 S101 내지 S104를 갖고 있으면 된다. 반사형 마스크 블랭크(1)의 제조 방법은, 도 5에 도시하지 않은 기능막을 형성하는 스텝을 또한 가져도 된다.

- [0098] 또한, 본 개시의 일 양태는, 반사형 마스크 블랭크를 준비하고, 반사형 마스크 블랭크에 있어서의 흡수막에 개구 패턴을 형성하는 것을 포함하는, 반사형 마스크의 제조 방법이면 된다.
- [0099] 도 6을 참조하여, 일 실시 형태에 관계되는 반사형 마스크(2)의 제조 방법에 대하여 설명한다. 반사형 마스크(2)의 제조 방법은, 도 6에 도시하는 스텝 S201 내지 S204를 갖는다. 스텝 S201에서는, 반사형 마스크 블랭크(1)를 준비한다. 스텝 S202에서는, 에칭 마스크막(14)을 가공한다. 에칭 마스크막(14) 상에는, 도시하지 않은 레지스트막이 마련된다. 우선 레지스트막에 제1 개구 패턴을 형성하고, 다음으로 제1 개구 패턴을 사용하여 에칭 마스크막(14)에 제2 개구 패턴을 형성한다. 스텝 S203에서는, 제2 개구 패턴을 사용하여 흡수막(13)에 제3 개구 패턴(13a)을 형성한다. 스텝 S203에서는, 에칭 가스를 사용하여 흡수막(13)을 에칭한다. 스텝 S204에서는, 레지스트막 및 에칭 마스크막(14)을 제거한다. 레지스트막의 제거에는, 예를 들어 황산-과산화수소수 혼합액이 사용된다. 에칭 마스크막(14)의 제거에는, 예를 들어 에칭 가스가 사용된다. 스텝 S204(에칭 마스크막(14)의 제거)에서 사용되는 에칭 가스는, 스텝 S203(개구 패턴(13a)의 형성)에서 사용되는 에칭 가스와 동종이어도 된다. 또한, 반사형 마스크(2)의 제조 방법은, 적어도, 스텝 S201 및 S203을 갖고 있으면 된다.
- [0100] 실시예
- [0101] 이하, 실험 데이터에 대하여 설명한다. 하기의 예 1, 예 2, 예 6 내지 예 13이 실시예이며, 예 3 내지 예 5가 비교예이다. 표 1에, 실시예 및 비교예의 성막 조건 및 측정 결과에 대하여 정리한다. 또한, 참고예로서, 예 14 및 예 15를 나타낸다.

표 1

보호막							EUV 광 반사율 (%) ※ 보호막 형성 후의 반사율
하층			상층				
막종	막 두께 (nm)	성막 방법	막종	막 두께 (nm)	성막 방법		
예 1	Ru	1.0	IBD법	Rh	1.0	MS법	65.1
예 2	Nb	0.5	MS법	Rh	2.5	MS법	65.0
예 3	Rh	2.5	MS법	-	-	-	63.9
예 4	Ta	0.5	MS법	Rh	2.5	MS법	63.5
예 5	Ta	1.0	MS법	Rh	2.5	MS법	61.7
예 6	Ru	0.9	IBD법	Rh	1.6	IBD법	65.8
예 7	Ru	0.9	IBD법	Rh	1.8	IBD법	65.7
예 8	Ru	0.9	IBD법	Rh	2.0	IBD법	65.3
예 9	Ru	1.1	IBD법	Rh	1.6	IBD법	65.7
예 10	Ru	1.1	IBD법	Rh	1.8	IBD법	65.5
예 11	Ru	1.1	IBD법	Rh	2.0	IBD법	65.0
예 12	Ru	1.6	IBD법	Rh	1.6	IBD법	65.3
예 13	Ru	1.6	IBD법	Rh	1.8	IBD법	65.0

[0102]

[0103] (예 1)

[0104] 기관과 다층 반사막과 보호막과 흡수막을 포함하는 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 기관으로서, SiO₂-TiO₂ 계의 유리 기관(외형 각 변이 6인치(152mm)인 정사각형, 두께가 6.3mm)을 준비하였다. 이 유리 기관은, 20℃에서의 열팽창 계수가 $0.02 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 이고, 영률이 67GPa이며, 푸아송비가 0.17이며, 비강성은 $3.07 \times 10^7 \text{ m}^2/\text{s}^2$ 였다. 기관의 표면(상면)의 품질 보증 영역은, 연마에 의해 0.15nm 이하의 제곱 평균 조도(RMS)와, 100nm 이하의 평탄도를 갖고 있었다. 기관의 이면(하면)에는, 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 두께 100nm의 Cr막을 성막하였다. Cr막의 시트 저항은 100Ω/□이었다.

[0105] 다층 반사막으로서, Mo/Si 다층 반사막을 형성하였다. Mo/Si 다층 반사막은, 얻어진 기관을 평판상의 정전 척에 이면측의 Cr막이 대향하도록 고정하고, 해당 기관의 표면 상에 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Si층(막 두께 4.5nm)의 성막과 Mo층(막 두께 2.3nm)의 성막을 40회 반복함으로써 형성하였다. Mo/Si 다층 반사막의 합계 막 두께는 272nm((4.5nm+2.3nm)×40)였다.

[0106] 또한, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 포함하는 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 1.0nm)을 형성하고, 당해

Ru막 상에 상층으로서 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.0nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소쇠 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). 또한, 본 예에서는, Ru막의 하층 성막 후에 일단 대기 개방되었다.

[0107] 보호막을 형성한 후에, EUV광의 반사율(도 3에 도시하는 제1 EUV광(L1)의 반사율)을 측정한다, 최대 65.1%였다.

[0108] 계속해서, 보호막 상에 흡수막으로서, Ru막, TaN막 및 TaON막을 아래로부터 위로 차례로 형성하였다. 또한, Ru막은 DC 스퍼터링법에 의해, TaN막 및 TaON막은 반응성 스퍼터링법에 의해 형성하였다. 얻어진 반사형 마스크 블랭크의, 두께 방향(Z 방향)을 따라서 자른 단면을, 에너지 분산형 X선 분석 장치를 탑재한 TEM을 사용하여, 원소 분석과 형상 관찰을 행하였다. 도 7의 (a)에, 보호막을 포함하는 부분의 단면의 암시야상을, 도 7의 (b)에, 주된 원소에 대하여 검출된 원소 매핑상이다. 도 7의 (b)에 있어서는, 각 상의 두께 방향의 위치는 서로 정렬되어 있다. 도 7의 (b)에 있어서 각 원소의 농도를 그레이스케일로 나타낸다. 색의 밝기가 밝을수록, 각 원소의 농도가 높다. 도 8의 (b) 및 도 9의 (b)에 있어서도 마찬가지이다.

[0109] (예 2)

[0110] 보호막의 성막 조건 이외에는 예 1과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 2에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Nb막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Nb막(막 두께 0.5nm)을 형성하고, 당해 Nb막 상에 상층으로서 Rh막(막 두께 2.5nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Nb는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소쇠 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 후에 대기 개방하고, Si/Mo 다층 반사막의 성막 후부터 Nb막의 하층 및 Rh막의 상층 성막이 완료될 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0111] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한다, 최대 65.0%였다.

[0112] 또한, 예 1과 마찬가지로 하여, 보호막 상에 흡수막으로서, Ru막, TaN막 및 TaON막을 아래로부터 위로 차례로 형성함으로써, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 1과 마찬가지로 하여, 얻어진 반사형 마스크 블랭크의, 보호막을 포함하는 부분의 두께 방향(Z 방향)의 단면을 분석·관찰하였다. 관찰 결과를 도 8의 (a) 및 (b)에 도시한다.

[0113] (예 3)

[0114] 예 3에서는, 예 1과 마찬가지로 하여 형성된 Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 2.5nm)을 성막함으로써, 보호막을 형성하였다.

[0115] 보호막을 형성한 후에, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한다, 최대 63.9%였다.

[0116] 또한, 보호막 상에 흡수막으로서, DC 스퍼터링법을 사용하여 Ru막을 형성함으로써, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 1과 마찬가지로 하여, 얻어진 반사형 마스크 블랭크의, 보호막을 포함하는 부분의 두께 방향(Z 방향)의 단면을 분석·관찰하였다. 관찰 결과를, 도 9의 (a) 및 (b)에 도시한다.

[0117] 상술한 바와 같이, 보호막 형성 후에 측정된 EUV광의 반사율은, Rh막을 포함하는 상층과, $k < -0.15n + 0.16$ 을 충족하는 재료를 포함하는 하층을 포함하는 보호막을 형성한 구성에서는 최대 65.1%(예 1) 및 65.0%(예 2)였던 한편, Rh막 1층의 보호막을 갖는 구성(예 3)에서는 63.9%로 저하되어 있었다.

[0118] 또한, 도 7 내지 도 9로부터, 보호막과, Mo/Si 다층 반사막의 최상층의 Si막 사이의 계면은, 예 1 및 예 2에서는 평탄했지만(도 7의 (a) 및 도 8의 (a)), 예 3에서는 계면에 흐트러짐이 관찰되어(도 9의 (a)), 박싱이 발생하고 있음을 알았다. 또한, 예 1 및 예 2에서는, Rh의 분포의 범위와 Si의 분포의 범위가 거의 겹쳐 있지 않고, Rh의 확산이 억제되어 있음을 알았다(도 7의 (b) 및 도 8의 (b)). 예 3에서는, Rh의 분포의 범위와 Si의 분포의 범위가 겹쳐 있고, Rh와 Si 사이에서 박싱이 발생하고 있음을 알았다(도 9의 (b)).

[0119] (예 4)

[0120] 보호막의 성막 조건 이외에는 예 1과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 4에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ta막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ta막(막 두께 0.9nm)을 형성하고, 당해 Ta막 상에 상층으로서 Rh막(막 두께 2.3nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ta는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소쇠 계수)을 충족하지 않는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 후에 대기 개방하고, 당해 다층 반

사막의 성막 후부터 Ta막의 하층 및 Rh막의 상층 성막이 완료될 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0121] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한바, 최대로 63.5%였다.

[0122] (예 5)

[0123] Ta막의 하층 막 두께 이외에는 예 4와 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 5에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ta막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ta막(막 두께 1.3nm)을 형성하고, 당해 Ta막 상에 상층으로서 Rh막(막 2.4nm)을 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 형성하였다. 하층에 사용된 Ta는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소피 계수)을 충족하지 않는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 후에 대기 개방하고, Si/Mo 다층 반사막의 성막 후부터 Ta막의 하층 및 Rh막의 상층 성막이 완료될 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0124] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한바, 최대로 61.7%였다.

[0125] (예 6)

[0126] 보호막의 성막 조건 이외에는 예 1과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 6에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 0.9nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.6nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소피 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0127] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한바, 최대로 65.8%였다.

[0128] (예 7)

[0129] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 7에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 0.9nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.8nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소피 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0130] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한바, 최대로 65.7%였다.

[0131] (예 8)

[0132] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 8에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 0.9nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 2.0nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소피 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0133] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한바, 최대로 65.3%였다.

[0134] (예 9)

[0135] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 9에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 1.1nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.6nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소피 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.

[0136] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정한바, 최대로 65.7%였다.

- [0137] (예 10)
- [0138] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 10에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 1.1nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.8nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소외 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.
- [0139] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정하면, 최대로 65.5%였다.
- [0140] (예 11)
- [0141] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 11에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 1.1nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 2.0nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소외 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.
- [0142] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정하면, 최대로 65.0%였다.
- [0143] (예 12)
- [0144] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 12에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 1.6nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.6nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소외 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.
- [0145] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정하면, 최대로 65.3%였다.
- [0146] (예 13)
- [0147] 보호막의 막 두께 이외에는 예 6과 마찬가지로 하여, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 예 13에서는, Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 1.6nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 상층으로서 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 Rh막(막 두께 1.8nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소외 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). Si/Mo 다층 반사막의 성막 개시부터 Ru막의 하층 및 Rh막의 상층 성막을 완료할 때까지 대기 개방하지 않고 연속하여 성막하였다.
- [0148] 보호막을 형성한 후, 예 1과 마찬가지로 하여 EUV광의 반사율을 측정하면, 최대로 65.0%였다.
- [0149] (예 14)
- [0150] 예 14에서는, 예 1과 마찬가지로 하여 형성된 Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 0.9nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 상층으로서 Rh막(막 두께 1.6nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소외 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). 또한, 본 예에서는, Ru막의 하층 형성 후에 일단 대기 개방하였다.
- [0151] 또한, 보호막 상에 흡수막으로서, RuN막, TaN막 및 TaON막을 아래로부터 위로 차례로 형성함으로써, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 또한, 상기 흡수막은 모두 반응성 스퍼터링법에 의해 형성하였다.
- [0152] (예 15)
- [0153] 예 15에서는, 예 1과 마찬가지로 하여 형성된 Si/Mo 다층 반사막의 최상층인 Si층 상에 Ru막의 하층과 Rh막의 상층을 갖는 2층 구조의 보호막을 형성하였다. 보다 구체적으로는, 이온빔 스퍼터링법을 사용하여 보호막의 하층으로서 Ru막(막 두께 0.9nm)을 형성하고, 당해 Ru막 상에 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 상층으로서 Rh막

(막 두께 1.6nm)을 형성하였다. 하층에 사용된 Ru는, $k < -0.15n + 0.16$ (n =굴절률; k =소쇠 계수)을 충족하는 재료이다(도 4). 또한, 본 예에서는, Ru막의 하층 형성 후에 일단 대기 개방하였다.

[0154] 또한, 보호막 상에 흡수막으로서, TaON막 및 RuTaON막을 아래로부터 위로 차례로 형성함으로써, 반사형 마스크 블랭크를 제작하였다. 또한, 상기 흡수막은 모두 반응성 스퍼터링법에 의해 형성하였다.

[0155] 이상, 본 개시에 관계되는 반사형 마스크 블랭크, 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법 및 반사형 마스크의 제조 방법에 대하여 설명했지만, 본 개시는 상기 실시 형태 등에 한정되지 않는다. 특허 청구 범위에 기재된 범주 내에 있어서, 각종 변경, 수정, 치환, 부가, 삭제 및 조합이 가능하다. 그들에 대해서도 당연히 본 개시의 기술적 범위에 속한다.

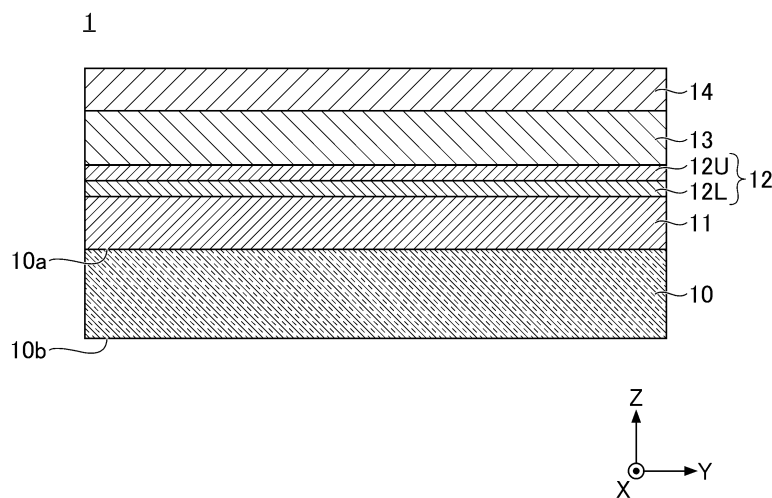
[0156] 본 출원은, 2021년 12월 28일에 일본 특허청에 출원한 일본 특허 출원 제2021-214753호에 기초하는 우선권을 주장하는 것이며, 그 전체 내용을 본 출원에 원용한다.

부호의 설명

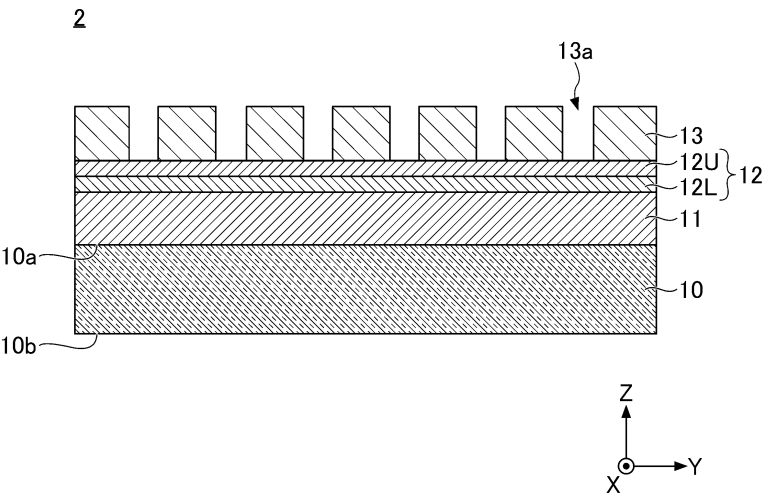
- [0157]
- 1: 반사형 마스크 블랭크
 - 2: 반사형 마스크
 - 10: 기판
 - 11: 다층 반사막
 - 12: 보호막
 - 12L: 보호막의 하층
 - 12U: 보호막의 상층
 - 13: 흡수막
 - 13a: 개구 패턴
 - 14: 에칭 마스크막

도면

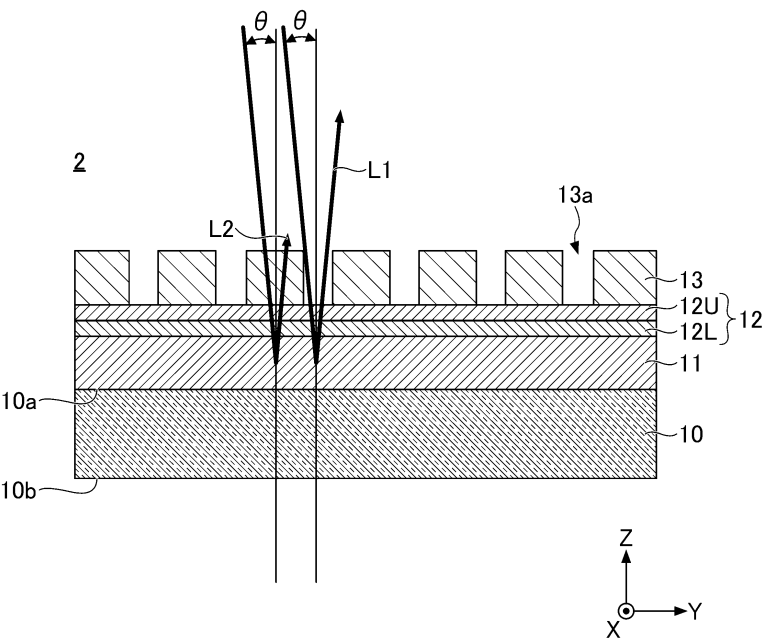
도면1



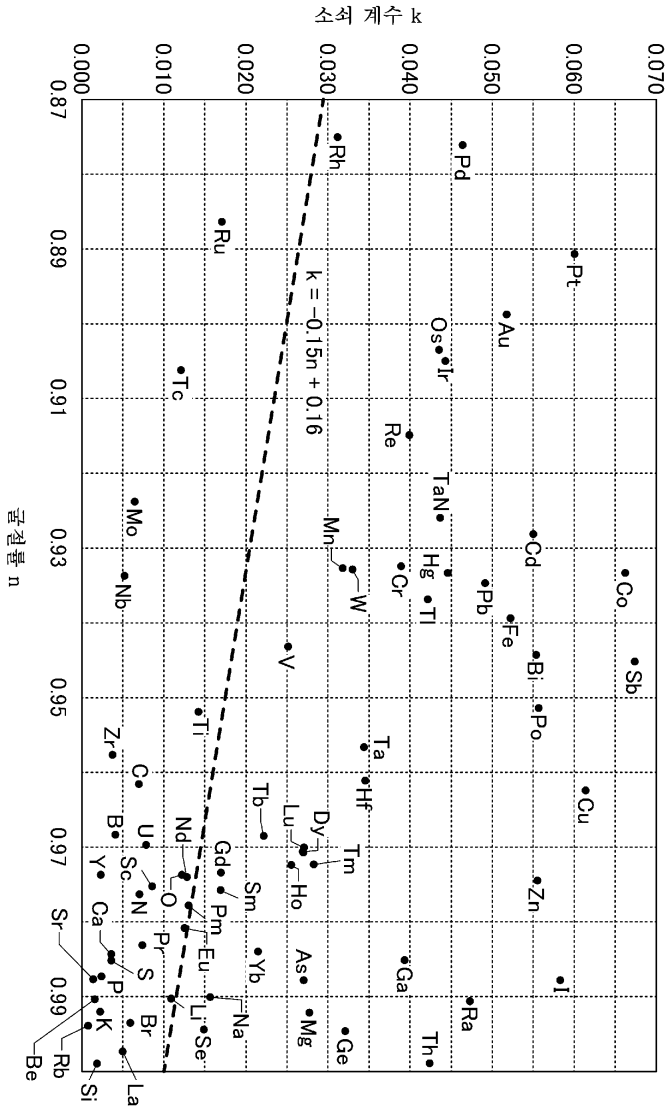
도면2



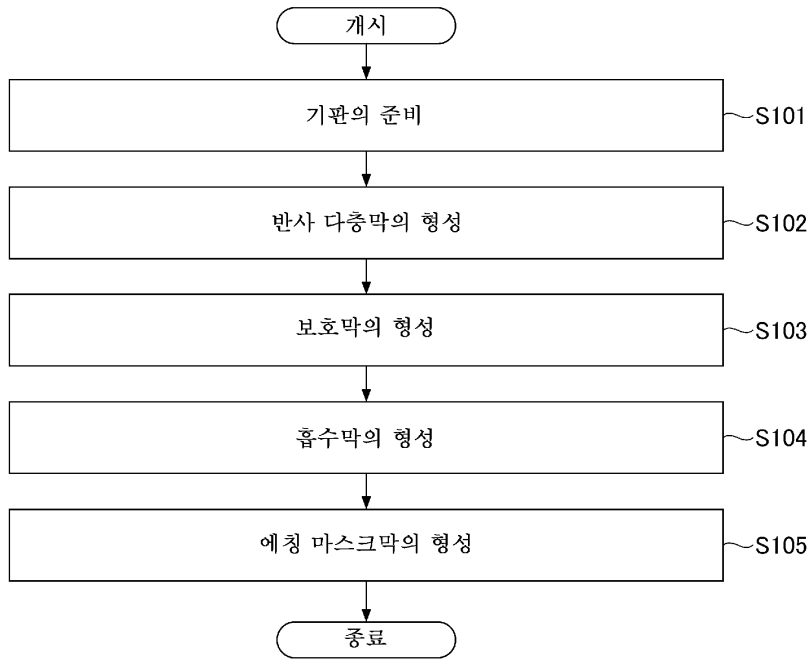
도면3



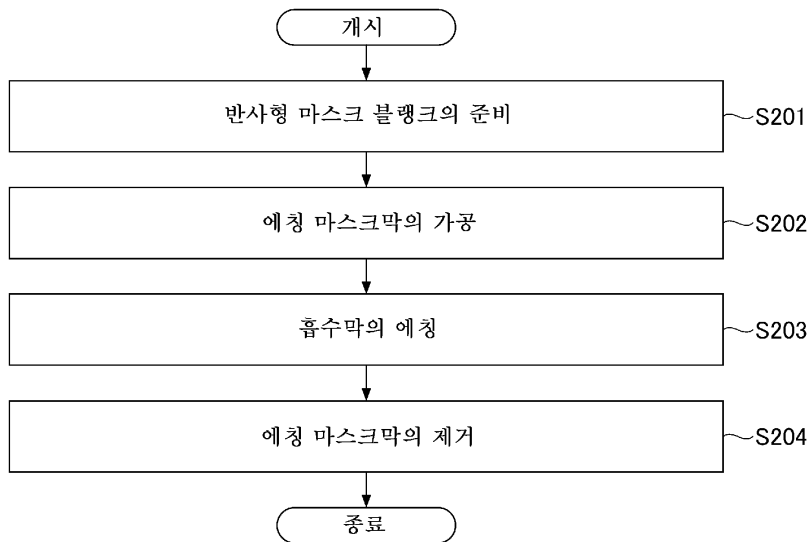
도면4



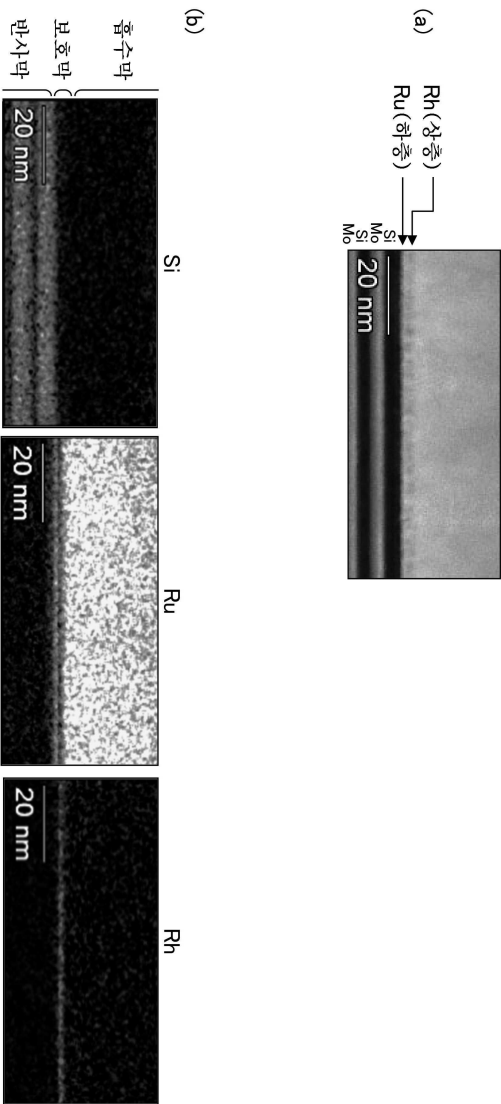
도면5



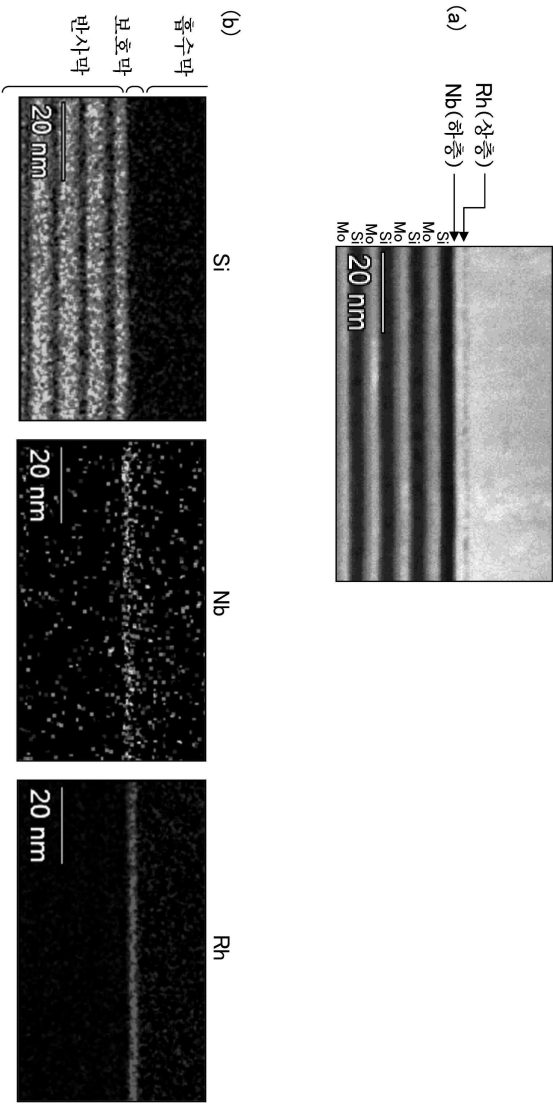
도면6



도면7



도면8



도면9

