(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년12월03일
(11) 등록번호 10-1335077
(24) 등록일자 2013년11월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*G03F 1/52* (2012.01) *H01L 21/027* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-7025691
(22) 출원일자(국제) 2007년04월19일
심사청구일자 2012년02월09일
(85) 번역문제출일자 2008년10월21일
(65) 공개번호 10-2008-0113422
(43) 공개일자 2008년12월30일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2007/059002
(87) 국제공개번호 WO 2007/123263
국제공개일자 2007년11월01일
(30) 우선권주장
JP-P-2006-117992 2006년04월21일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
EP01498936 A1
JP2004039884 A
전체 청구항 수 : 총 16 항

(73) 특허권자
**아사히 가라스 가부시키가이샤**
일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1쵸메 5방 1고
(72) 발명자
**하야시 가즈유키**
일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠쵸 1쵸메 12-1 아사히 가라스 가부시키가이샤 나이
**가도와키 가즈오**
일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠쵸 1쵸메 12-1 아사히 가라스 가부시키가이샤 나이
*(뒷면에 계속)*
(74) 대리인
**특허법인코리아나**

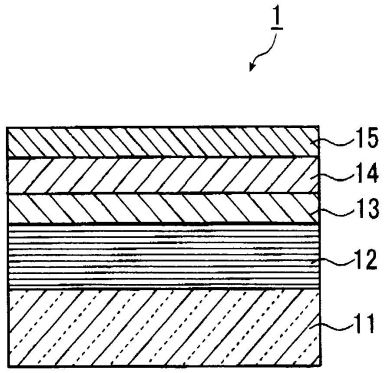
심사관 : 이원재

(54) 발명의 명칭 **EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크**

## (57) 요 약

EUV 광 및 패턴 검사 광의 파장 범위에서의 광에 대한 낮은 반사율을 나타내고, 원하는 막 조성과 막 두께를 갖도록 쉽게 제어되는 흡수체층을 갖는 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크를 제공하는 것이다. EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크는 기판을 포함하고, 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층과 EUV 광을 흡수하는 흡수체층이 이 순서대로 형성되며, 흡수체층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하고, 흡수체층에서는, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:N) 가 8:1 내지 1:1 이다.

*대 표 도* - 도1



(72) 발명자

**스기야마 다카시**

일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠쵸 1쵸메 12-1 아사히 가라스 가부시키가이샤 나이

**미카미 마사키**

일본 도쿄도 지요다쿠 유라쿠쵸 1쵸메 12-1 아사히 가라스 가부시키가이샤 나이

## *특허청구의 범위*

**청구항 1**

기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층과 EUV 광을 흡수하는 흡수체층 (absorber layer) 이 이 순서대로 형성된 상기 반사층과 상기 흡수체층을 포함하고,

상기 흡수체층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하고,

상기 흡수체층에서는, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1 at% 내지 25at% 이며, N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:N) 가 8:1 내지 1:1 인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 2**

제 1 항에 있어서,

상기 흡수체층은 아몰퍼스 상태인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 3**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 흡수체층 표면의 표면 거칠기 (roughness) 가 0.5nm rms 이하인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 흡수체층 상에, 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층이 형성되고,

상기 저반사층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 산소 (O) 를 함유하고,

상기 저반사층에서는, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:O) 가 7:2 내지 1:2 인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 흡수체층 상에, 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층이 형성되고,

상기 저반사층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고,

상기 저반사층에서는, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 와 N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:(O+N)) 가 7:2 내지 1:2 인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 6**

기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수체층 (absorber layer) 및 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층이 이 순서대로 형성된 상기 반사층, 상기 흡수체층 및 상기 저반사층을 포함하고,

상기 흡수체층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하고, 상기 흡수체층은 아몰퍼스 상태이며,

상기 저반사층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 산소 (O) 를 함유하고,

상기 저반사층에서는, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:O) 가 7:2 내지 1:2 인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 7**

기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수체층 (absorber layer) 및 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사광에 대한 저반사층이 이 순서대로 형성된 상기 반사층, 상기 흡수체층 및 상기 저반

사층을 포함하고,

상기 흡수체층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하고, 상기 흡수체층은 아몰퍼스 상태이며,

상기 저반사층은 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고,

상기 저반사층에서는, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 와 N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:(O+N)) 가 7:2 내지 1:2 인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 8**

제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저반사층 표면의 표면 거칠기가 0.5nm rms 이하인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 9**

제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저반사층은 5nm 내지 30nm 인 두께를 갖는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 10**

제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡수체층 상에 패턴을 형성할 때 상기 반사층을 보호하는 보호층은 상기 반사층과 상기 흡수체층 사이에 형성되고, 상기 흡수체층 상에 형성될 패턴의 검사에 사용될 광의 파장에서의 상기 보호층 표면 상에서 반사된 광과 상기 저반사층 표면 상에서 반사된 광 간의 콘트라스트는 30% 이상인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,

상기 보호층은 Ru 화합물, $SiO_2$, 및 CrN 중 어느 하나로 형성되는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 12**

제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 흡수체층 상에 형성될 패턴의 검사에 사용될 광의 파장에서 상기 저반사층 표면에서의 반사율이 15% 이하인, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 13**

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 흡수체층은 질소를 포함한 분위기에서 TaBSi 화합물 타깃을 이용한 스퍼터링에 의해 형성되는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,

상기 TaBSi 화합물 타깃은 Ta = 50at% 내지 94at% 이고, Si = 5at% 내지 30at% 이며, B = 1at% 내지 20at% 인 조성을 갖는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 15**

제 4 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저반사층은 산소를 포함한 분위기에서 TaBSi 화합물 타깃을 이용한 스퍼터링에 의해 형성되는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,

상기 TaBSi 화합물 타깃은 Ta = 50at% 내지 94at% 이고, Si = 5at% 내지 30at% 이며, B = 1at% 내지 20at% 인 조성을 갖는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크.

## *명 세 서*

[0001] **기술 분야**

[0002] 본 발명은 반도체 제조 등에 사용될 EUV (Extreme Ultra Violet) 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크 (이하 본 명세서에서는 "EUV 마스크 블랭크" 라 칭함) 에 관한 것이다.

[0003] **배경 기술**

[0004] 반도체 산업에서는 Si 기판 등에 미세 패턴을 형성하여 이러한 미세 패턴을 포함한 집적회로를 형성하는데 요구된 기술로서 가시광 또는 자외선 광을 이용한 포토리소그래피 방법을 이용하였다. 그러나, 반도체 디바이스들의 미세화가 가속화되면서 광 노출을 이용한 종래의 노광 기술은 한계에 다달았다. 포토리소그래피 방법의 경우, 패턴의 해상도 한계가 노광 파장의 약 1/2 이며, 액침법을 이용해도 노광 파장의 약 1/4 라고 한다. ArF 레이저 (193nm) 를 이용한 액침법을 이용해도, 해상도 한계가 약 45nm 라고 예상된다. 이러한 관점에서, 45nm 이하를 위한 노광 기술로서 ArF 레이저보다 짧은 파장을 갖는 EUV 광을 이용한 노광 기술인 EUV 리소그래피를 유망한 기술로서 고려하고 있다. 본 명세서에서, "EUV 광" 이란 것은 소프트 X 선 영역 또는 진공 자외선 영역의 파장을 갖는 광선, 구체적으로 약 10nm 내지 20nm 인 파장을 갖는 광선, 특히 약 13.5nm±0.3nm 인 광선을 의미하는 것을 주목해야 한다.

[0005] EUV 광은 임의의 물질에 의해 흡수되기 쉽고, 상기 파장에서 그 물질의 굴절률이 1 에 가깝기 때문에, 가시광 또는 자외선 광을 이용한 포토리소그래피에서와 같이 종래의 굴절 광학 시스템에서 EUV 광을 이용하는 것은 불가능하다. 이러한 이유로, EUV 광 리소그래피에서는 반사 광학 시스템, 즉, 반사형 포토마스크 및 거울의 결합을 이용한다.

[0006] 마스크 블랭크는 아직 패터닝되지 않은, 포토마스크의 제조에 사용될 적층된 부재이다. EUV 마스크 블랭크의 경우, 유리 등으로 이루어진 기판상에 EUV 광을 반사하는 반사층과 EUV 광을 흡수하는 흡수체층이 이 순서대로 형성된 구조를 갖는다. 반사층은 통상 EUV 광으로 막 표면을 조사 시 광 반사율을 증가시키도록 교대로 적층되는 고굴절층과 저굴절층을 구비하는 다층 반사막을 포함한다. 흡수체층 (absorber layer) 은 EUV 광과 관련하여 높은 흡수 계수를 갖는 재료, 구체적으로, 예를 들어, 주성분으로서 Cr 또는 Ta 를 함유한 재료를 포함한다.

[0007] 특허 문헌 1 에서는 흡수층의 바람직한 재료들로서, 탄탈/붕소 합금의 질화물 (TaBN), 탄탈/붕소 합금의 산화물 (TaBO) 및 탄탈/붕소 합금의 산질화물 (TaBNO) 을 개시하고, 여기서 이들 재료들은 패턴 검사 광의 파장 범위 (190nm 내지 260nm) 에서의 극자외선 광 (deep ultraviolet light) 에 대한 낮은 반사율을 가지며 EUV 광에 대한 높은 흡수 계수를 갖는다.

[0008] 또한, 특허 문헌 1 에서는 흡수체층이 평활성이 우수한 표면을 갖도록 아몰퍼스 구조 (amorphous structure) 를 갖는 것이 바람직하고, TaBN 막, TaBO 막 및 TaBNO 막이 아몰퍼스 구조를 갖도록 이들 막 내의 B 함유율이 5at% 내지 25at% 인 것이 바람직하다는 것을 개시한다.

[0009] 특허 문헌 1: JP-A-2004-6799

[0010] **발명의 개시**

[0011] 발명이 해결하고자 하는 과제

[0012] 그러나, 흡수체층이 TaBO 막 또는 TaBNO 막인 경우, 막 내의 O 함유율이 증가하면, 흡수체층의 절연 특성이 증가하여 흡수체층 상의 전자 빔 리소그래피 시 차지 업 (charge up) 이 발생할 수도 있어 바람직하지 않다.

[0013] 한편, 흡수체층이 TaBN 막인 경우, 전자 빔 리소그래피 시에 차지 업은 발생하지 않는다.

[0014] 흡수체층이 TaBN 막인 경우, 예를 들어, 결함들이 적게 발생할 수 있는 마그네트론 스퍼터링에 의해 그 TaBN 막을 성막한다. 이러한 경우, 예를 들어, Ta 타깃과 B 타깃을 이용하고 질소 분위기에서 동시에 이들 타깃들

을 방전시켜 TaBN 막을 형성할 수 있다. 다른 방법으로, TaB 화합물의 타깃을 이용하고 질소 분위기에서 그 타깃을 방전시켜 TaBN 막을 또한 형성할 수 있다.

[0015] 그러나, Ta 타깃과 B 타깃을 이용하는 방법의 경우, B 타깃이 저항이 높고 가벼운 원소이기 때문에 Ta 타깃과 비교하여 성막 속도는 1/10 이하인 경우가 많다. 따라서, 특허 문헌 1 에 기재된 바와 같이 막의 결정 구조를 아몰퍼스로 하는데 요구된 함유율 (5at% 이상) 의 B 를 첨가하기 위하여, Ta 타깃의 성막 속도를 늦출 필요가 있으나, 이것은 제조 효율을 현저하게 저하시킨다.

[0016] 한편, TaB 화합물 타깃을 이용한 방법의 경우에서, 예를 들어, 20at% 인 B 와 80at% 인 Ta 를 함유한 화합물 타깃을 이용하는 경우, 막에 실제 첨가된 B 의 최대 함유율은 약 6at% 이고, 막 내의 B 함유율을 5at% 이상으로 제어하는 것은 어렵다. 또한, N 을 첨가하는 경우, 막 내의 B 함유율은 4at% 이하이고, 막의 결정 구조는 아몰퍼스가 될 수 없다.

[0017] 상기 문제들을 해결하기 위하여, TaB 화합물 타깃의 B 함유율을 더 증가 (예를 들어, B: 50at% 및 Ta: 50at%) 시켜 막 내의 B 함유율의 증가를 기대한다. 그러나, TaB 타깃의 B 함유율이 증가됨에 따라, TaB 타깃의 저항이 증가되어, 방전이 불안정하고 성막 속도가 작아지는 경향이 있다. 불안정한 방전으로 인해, 막 조성이나 막 두께의 디스퍼전 (dispersion) 이 일어날 수도 있고, 일부 경우 성막을 행할 수 없다.

[0018] 문제를 해결하기 위한 수단

[0019] 본 발명은 상기 종래 기술의 문제점들을 해결하기 위하여, EUV 마스크 블랭크로서의 우수한 특성을 갖고, 특히 EUV 광과 패턴 검사 광의 파장 범위에서 낮은 반사율을 갖고 원하는 막 조성 및 막 두께를 갖도록 쉽게 제어되는 흡수체층을 갖는 EUV 마스크를 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0020] 본 발명자들은 상기 문제점들을 해결하기 위하여 광범위한 연구들을 수행하고, 그 결과, 막 조성이 TaBN 이 아니고 TaBNSi 인 경우, 막의 B 함유율이 5at% 미만에서도 아몰퍼스 구조를 구비하여 에칭 특성과 광학 특성이 우수하고 안정적으로 제조할 수 있는 흡수체층을 얻는 것을 발견하였다.

[0021] 본 발명은 상기 발견에 기초하여 행하였고 기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층과 EUV 광을 흡수하는 흡수체층 (absorber layer) 이 이 순서대로 형성된 상기 반사층과 상기 흡수체층을 포함하고, 흡수체층이 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하고, 흡수체층에서, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:N) 가 8:1 내지 1:1 인 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크를 제공한다.

[0022] 또한, 본 발명은 기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층과 EUV 광을 흡수하는 흡수체층이 이 순서대로 형성된 상기 반사층과 상기 흡수체층을 포함하고, 흡수체층이 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하고, 흡수체층이 아몰퍼스 상태인 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크를 제공한다.

[0023] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크에서는, 흡수체층 표면의 표면 거칠기 (roughness) 가 0.5nm rms 이하인 것이 바람직하다.

[0024] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크에서는, 흡수체층 상에 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층을 형성하고, 저반사층이 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 산소 (O) 를 함유하고, 저반사층에서, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:O) 가 7:2 내지 1:2 인 것이 바람직하다.

[0025] 또한, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크는 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층을 흡수체층 상에 형성하고, 저반사층이 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, 저반사층에서, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 와 N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:(O+N)) 가 7:2 내지 1:2 이도록 하는 것이 바람직하다.

[0026] 또한, 본 발명은 기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수체층 및 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층이 이 순서대로 형성된 상기 반사층, 상기 흡수체층 및 상기 저반사층을 포함하고, 저반사층이 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 산소 (O) 를 함유하고, 저반사층에서, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:O) 가 7:2 내지 1:2 인 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크를 제공한다.

[0027] 또한, 본 발명은 기판, 및 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수체층 및 마스크

패턴의 검사에 사용될 검사광에 대한 저반사층이 이 순서대로 형성된 상기 반사층, 상기 흡수체층 및 상기 저반사층을 포함하고, 저반사층이 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, 저반사층에서, B 함유율이 1at% 이상 5at% 미만이고, Si 함유율이 1at% 내지 25at% 이며, O 와 N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:(O+N)) 가 7:2 내지 1:2 인 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크를 제공한다.

[0028] 흡수체층 상에 저반사층을 형성하는 경우, 상기 저반사층 표면의 표면 거칠기는 0.5nm rms 이하인 것이 바람직하다.

[0029] 흡수체층 상에 저반사층을 형성하는 경우, 상기 저반사층은 5nm 내지 30nm 인 두께를 갖는 것이 바람직하다.

[0030] 또한, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크는 흡수체층 상에 패턴을 형성할 때 반사층을 보호하는 보호층을 반사층과 흡수체층 간에 형성하고, 흡수체층 상에 형성될 패턴의 검사에 사용될 광의 파장에서 보호층 표면 상에서 반사된 광과 저반사층 표면 상에서 반사된 광 사이에서의 콘트라스트가 적어도 30% 이도록 하는 것이 바람직하다.

[0031] 반사층과 흡수체층 간에 보호층을 형성하는 경우, 상기 보호층은 Ru, $SiO_2$ 및 CrN 중 어느 하나로 형성하는 것이 바람직하다.

[0032] 흡수체층 상에 저반사층을 형성하는 경우, 흡수체층 상에 형성될 패턴의 검사에 사용될 광의 파장에서 저반사층 표면 상의 반사율이 15% 이하이다.

[0033] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크에서는, 질소를 함유한 분위기에서 TaBSi 화합물 타깃을 이용한 스퍼터링에 의해 흡수체층을 형성하는 것이 바람직하다.

[0034] TaBSi 화합물 타깃은 Ta=50at% 내지 94at% 이고, Si=5at% 내지 30at% 이며 B=1at% 내지 20at% 인 조성을 갖는 것이 바람직하다.

[0035] 흡수체층 상에 저반사층을 형성하는 경우, 산소를 함유한 분위기에서 TaBSi 화합물 타깃을 이용한 스퍼터링에 의해 저반사층을 형성하는 것이 바람직하다.

[0036] TaBSi 화합물 타깃은 Ta=50at% 내지 94at% 이고, Si=5at% 내지 30at% 이며 B=1at% 내지 20at% 인 조성을 갖는 것이 바람직하다.

[0037] 발명의 효과

[0038] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크는, 흡수체층 내의 B 함유율이 낮기 때문에 (5at% 미만), 성막 동안 성막 속도의 저하나 불안정한 방전에 의해 야기된 문제들, 구체적으로, 흡수체층의 성막 시에 막 조성이나 막 두께의 디스퍼전, 또는 성막의 불가능성의 염려가 없다.

[0039] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크에서, 흡수체층이 아몰퍼스 구조를 갖기 때문에 흡수체층 표면은 평활성이 우수하다.

[0040] 또한, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크는 EUV 마스크 블랭크로서의 우수한 특성, 예를 들어, EUV 광에 대한 낮은 반사율과 패턴 검사 광의 파장 범위 내의 광에 대한 낮은 반사율을 갖는다.

[0041] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크의 흡수체층 상에 저반사층을 형성하여, 패턴 검사 광의 파장 범위 내의 광에 대한 반사율을 또한 억제시킴으로써 마스크 블랭크 상의 패턴 형성 후에 수행될 패턴 검사 시에 양호한 콘트라스트를 얻을 수 있다.

[0042] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크를 위해 스퍼터링에 의해 흡수체층 및 저반사층을 형성하는 때 특정 조성을 갖는 TaBSi 화합물 타깃을 이용함으로써 불안정한 방전, 또는 막 조성이나 막 두께의 디스퍼전을 회피할 수 있다.

[0043] **도면의 간단한 설명**

[0044] 도 1 은 본 발명의 EUV 마스크 블랭크의 일 실시형태를 설명하는 개략적인 단면도이다.

[0045] 도 2 는 도 1 에 도시된 EUV 마스크 블랭크 (1) 의 흡수체층 (14) (및 하부 반사층 (15)) 상에 패턴을 형성한 상태를 나타낸다.

[0046] 참조 부호의 설명

[0047] 1: EUV 마스크 블랭크

[0048] 11: 기판

[0049] 12: 반사층 (다층 반사막)

[0050] 13: 보호층

[0051] 14: 흡수체층

[0052] 15: 저반사층

[0053] **본 발명을 실시하기 위한 최선의 형태**

[0054] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

[0055] 도 1 은, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크의 일 실시형태를 나타내는 개략적인 단면도이다. 도 1 에 도시된 마스크 블랭크 (1) 는, 기판 (11), 및 기판 (11) 상에 EUV 광을 반사하는 반사층 (12) 과 EUV 광을 흡수하는 흡수체층 (14) 이 이 순서대로 형성된 반사층 (12) 과 흡수체층 (14) 을 포함한다. 반사층 (12) 과 흡수체층 (14) 의 사이에는, 흡수체층 (14) 상에 패턴을 형성할 때 반사층 (12) 을 보호하기 위한 보호층 (13) 을 형성한다. 흡수체층 (14) 상에는, 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 저반사층 (15) 을 형성한다. 그러나, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서는, 도 1 에 도시된 구성물 중, 기판 (11), 반사층 (12) 및 흡수체층 (14) 만이 필수이고, 보호층 (13) 및 저반사층 (15) 은 선택적 구성 요소들이다.

[0056] 이하, 마스크 블랭크 (1) 의 각 구성 요소들을 설명한다.

[0057] 기판 (11) 은 EUV 마스크 블랭크용 기판으로서의 특성을 만족하는 것이 요구된다. 따라서, 기판 (11) 은 낮은 열팽창 계수 ($0\pm1.0\times10^{-7}$/℃ 인 것이 바람직하고, $0\pm0.3\times10^{-7}$/℃ 인 것이 더욱 바람직하고, $0\pm0.2\times10^{-7}$/℃ 인 것이 더욱 더 바람직하고, $0\pm0.1\times10^{-7}$/℃ 인 것이 한층 더 바람직하며, $0\pm0.05\times10^{-7}$/℃ 인 것이 특히 바람직함) 를 갖고, 평활성, 평탄도, 및 예를 들어, 마스크 블랭크 또는 패턴 형성 후의 포토마스크에 사용될 세정액에 대한 내성이 우수한 것이 바람직하다. 기판 (11) 으로서는, 구체적으로 $SiO_2$-$TiO_2$ 유리와 같은 낮은 열팽창 계수를 갖는 유리를 이용할 수도 있지만, 기판은 이것에 한정되지 않고, 또한 β 석영 고용체가 침전된 결정화된 유리, 석영 유리, 규소 또는 금속 등을 이용할 수도 있다.

[0058] 패턴 형성 후의 포토마스크의 높은 반사율 및 프린팅 정확도를 얻을 목적으로, 기판 (11) 은 0.15nm rms 이하인 평활한 표면과 100nm 이하인 평탄도를 갖는 것이 바람직하다.

[0059] 기판 (11) 의 치수, 두께 등은 마스크의 설계값 등에 따라 적절히 결정된다. 이후에 서술되는 실시예들에서, 6 인치 (152.4mm) 제곱인 외부 치수들과 0.25 인치 (6.3mm) 인 두께를 갖는 $SiO_2$-$TiO_2$ 유리를 사용했다.

[0060] 반사층 (12) 이 형성되는 측의 기판 (11) 표면 상에 결점들이 존재하지 않는 것이 바람직하다. 그러나, 결점들이 존재하는 경우라도, 오목형 결점들 및/또는 볼록형 결점들에 의해 위상 결점들을 형성하지 않도록 하기 위하여, 오목형 결점들의 깊이와 볼록형 결점들의 높이가 2nm 이하이며, 오목형 결점들 및 볼록형 결점들의 반치폭이 60nm 이하인 것이 바람직하다.

[0061] 반사층 (12) 은 EUV 마스크 블랭크용 반사층으로서 원하는 특성을 갖기만 하면 특별히 제한되지 않는다. 반사층 (12) 에 특히 요구되는 특성은 높은 EUV 광 반사율을 갖는 막일 것이다. 구체적으로, EUV 광의 파장 범위에서의 광선을 이용하여 반사층 (12) 을 조사하는 경우, 13.5nm 부근의 파장을 갖는 광에 대한 최대 반사율은 60% 이상인 것이 바람직하고, 65% 이상인 것이 더욱 바람직하다. 또한, 반사층 (12) 상에 보호층 (13) 또는 저반사층 (15) 을 형성하는 경우에도, 13.5nm 부근의 파장을 갖는 광에 대한 최대 반사율은 60% 이상인 것이 바람직하고, 65% 이상인 것이 더욱 바람직하다.

[0062] 반사층 (12) 으로서는, 일반적으로 높은 EUV 광 반사율을 달성하는, 수차례 교대로 적층되는 고굴절률층과 저굴절률층을 갖는 다층 반사막을 사용한다. 반사층 (12) 을 위한 다층 반사막에서는, 고굴절률층을 위해 Mo 를 널리 사용하고 저굴절률층을 위해 Si 를 널리 사용한다. 즉, Mo/Si 다층 반사막을 가장 일반적으로 사용한다. 그러나, 다층 반사막은 이에 제한되지 않고, 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, 또는 Si/Ru/Mo/Ru 다층 반사막을 이용할 수도 있다.

[0063] 반사층 (12) 을 위한 다층 반사막을 구성하는 층들의 두께 및 반복 단위 수는 사용되는 막재료 및 반사층에 요구되는 EUV 광 반사율에 따라 적절히 선택될 수 있다. 예로서 Mo/Si 반사층의 경우, 반사층 (12) 이 60% 이상인 최대 EUV 광 반사율을 갖기 위하여 30 내지 60 회의 반복 단위 수로 2.3±0.1nm 인 두께를 갖는 Mo 층과 4.5±0.1nm 인 두께를 갖는 Si 층을 적층시켜 다층 반사막을 형성한다.

[0064] 반사층 (12) 을 위한 다층 반사막을 구성하는 각층은 마그네트론 스퍼터링, 또는 이온 빔 스퍼터링과 같은 공지된 성막 방법에 의해 원하는 두께를 갖도록 형성될 수도 있다. 예를 들면, 이온 빔 스퍼터링에 의해 Si/Mo 다층 반사막을 형성하는 경우, 0.03nm/sec 내지 0.30nm/sec 인 성막 속도에서 300V 내지 1,500V 인 이온 가속 전압을 가지고, 타깃으로서 Si 타깃과 스퍼터링 가스로서 Ar 가스 ($1.3\times10^{-2}$Pa 내지 $2.7\times10^{-2}$Pa 인 가스 압력을 가짐) 를 이용하여 4.5nm 인 두께를 갖도록 Si 막을 성막한 후, 0.03nm/sec 내지 0.30nm/sec 인 성막 속도에서 300V 내지 1,500V 인 이온 가속 전압을 가지고, 타깃으로서 Mo 타깃과 스퍼터링 가스로서 Ar 가스 ($1.3\times10^{-2}$Pa 내지 $2.7\times10^{-2}$Pa 인 가스 압력을 가짐) 를 사용하여 2.3nm 인 두께를 갖도록 Mo 막을 성막하는 것이 바람직하다. 각 사이클이 위의 단계를 포함하는 40 내지 50 사이클로 Si 막과 Mo 막을 적층함으로써, Si/Mo 다층 반사막을 성막한다.

[0065] 반사층 (12) 의 표면이 산화되는 것을 방지하기 위하여, 반사층 (12) 을 위한 다층 반사막의 최외각층은 산화되기 어려운 재료로 이루어진 층인 것이 바람직하다. 산화되기 어려운 재료로 이루어진 층은 반사층 (12) 을 위한 캡핑층으로서 역할을 한다. 캡핑층으로서 역할을 하는 산화되기 어려운 재료로 이루어진 층의 구체예로서, Si 층을 언급할 수도 있다. 반사층 (12) 을 위한 다층 반사막이 Si/Mo 막인 경우, 최외각층이 Si 층이면, 그 최외각층은 캡핑층으로서 역할을 할 수 있다. 이러한 경우, 캡핑층의 막두께는 11.0±1.0nm 인 것이 바람직하다.

[0066] 보호층 (13) 은 에칭 프로세스, 통상 건식 에칭 프로세스에 의해 흡수체층 (14) 상의 패턴 형성 동안 에칭 프로세스에 의해 손상을 받는 것으로부터 반사층 (12) 을 보호하기 위해 보호층 (13) 을 형성한다. 따라서, 보호층 (13) 의 재료로서는, 흡수체층 (14) 에 대한 에칭 프로세스에 의해 덜 영향 받는, 즉 흡수체층 (14) 의 에칭 속도보다 작고, 에칭 프로세스에 의해 거의 손상받지 않는 재료를 선택한다. 이들 요구사항을 만족하는 재료로는 예를 들어, Cr, Al, Ru 또는 Ta, 또한 이들의 질화물이며, $SiO_2$, $Si_3N_4$ 또는 $Al_2O_3$, 또한 이들의 혼합물일 수도 있다. 이들 중, Ru 화합물 (Ru 또는 RuB), CrN 또는 $SiO_2$ 가 바람직하고, Ru 화합물 (Ru 또는 RuB) 이 특히 바람직하다.

[0067] 보호층 (13) 의 두께는 1nm 내지 60nm 인 것이 바람직하다.

[0068] 마그네트론 스퍼터링 또는 이온 빔 스퍼터링과 같은 공지된 성막 방법에 의해 보호층 (13) 을 성막한다. 마그네트론 스퍼터링에 의해 Ru 막을 형성하는 경우, 5nm/min 내지 50nm/min 인 성막 속도에서 30W 내지 500W 로 인가된 전력을 갖고, 타깃으로서 Ru 타깃과 스퍼터링 가스로서 Ar 가스 ($1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $10\times10^{-1}$Pa 인 가스 압력을 가짐) 를 이용하여 2nm 내지 5nm 인 두께를 갖도록 막을 성막하는 것이 바람직하다.

[0069] 흡수체층 (14) 에 특히 요구되는 특성은 매우 낮은 EUV 광 반사율을 갖는 것이다. 구체적으로, EUV 광의 파장 범위 내의 광선으로 흡수체층 (14) 을 조사하는 경우, 13.5nm 부근의 파장을 갖는 광에 대한 최대 반사율은 0.5% 이하인 것이 바람직하고, 0.1% 이하인 것이 더욱 바람직하다.

[0070] 위의 특성들을 달성하기 위하여, 흡수체층이 EUV 광에 대해 높은 흡수 계수를 갖는 재료로 이루어지는 것이 바람직하다.

[0071] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 의 흡수체층 (14) 은 이하에 언급되는 특정 비율의 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 질소 (N) 를 함유하여 상기의 특성들을 달성한다.

[0072] 흡수체층 (14) 내의 B 함유율은 1at% 이상 5at% 미만이다. 지금까지, 흡수체층으로서 Ta 와 B 를 함유한 막 (TaB 막, TaBN 막, TaBO 막, TaBNO 막) 을 사용하는 경우, 막이 아몰퍼스 상태 (amorphous state) 이기 위하여, B 함유율이 5at% 이상이어야 한다. 그러나, 상술한 바와같이, 막 내의 B 함유율이 5at% 이상인 경우, 성막 속도가 낮고, 막 내의 B 함유율이나 막두께를 제어하는 것이 곤란한 것과 같은 문제들이 생기기 쉽다.

[0073] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서, 특정 비율의 Ta, B, Si 및 N 를 함유하는 흡수체층 (14) 에 의해, 흡수체층 (14) 내의 B 함유율이 5at% 미만이어도, 흡수체층 (14) 은 아몰퍼스 상태이다.

[0074] 흡수체층 (14) 내의 B 함유율이 1at% 미만인 경우, 흡수체층 (14) 이 아몰퍼스 상태이게 하도록 Si 양을 증가하는 것이 요구된다. 구체적으로, Si 함유율은 25at% 초과해야 하고, EUV 광 반사율이 0.5% 이하로 하는데 요구된 흡수체층의 두께가 증가되는 경향이 있어 바람직하지 않다. 흡수체층 (14) 내의 B 함유율이 5at% 초과하면, 낮은 성막 속도와 같은 상기의 문제를 야기하는 경향이 있다.

[0075] 흡수체층 (14) 내의 B 함유율은 1at% 내지 4.5at% 인 것이 더욱 바람직하고, 1.5at% 내지 4at% 인 것이 더욱 더 바람직하다. B 함유율이 1.5at% 내지 4at% 인 경우, 성막이 안정적으로 수행되고 또한 흡수체층은 마스크에 요구된 특성인 평활성 등이 우수하고, 안정적인 성막과 특성들이 잘 균형을 이뤄 매우 바람직하다.

[0076] 흡수체층 (14) 내의 Si 함유율은 1at% 내지 25at% 이다. 흡수체층 (14) 내의 Si 함유율이 1at% 미만인 경우, 흡수체층 (14) 은 아몰퍼스 상태가 아니다. Si 가 EUV 광에 대해 낮은 흡수 계수를 제공하는 재료이기 때문에, 흡수체층 (14) 내의 Si 함유율이 25at% 를 초과하는 경우, EUV 광 반사율이 0.5% 이하로 하는데 요구된 흡수층의 두께가 증가되는 경향이 있어 바람직하지 않다.

[0077] 흡수체층 (14) 내의 Si 함유율은 1at% 내지 20at% 인 것이 더욱 바람직하고, 2at% 내지 12at% 인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0078] 흡수체층 (14) 에서, B 및 Si 를 제외한 성분은 Ta 및 N 이다. 흡수체층 (14) 에서는, N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta : N) 가 8 : 1 내지 1 : 1 이다. 위의 조성비에서보다 Ta 의 비율이 크면, 패턴 검사 광의 파장 범위 내의 광에 대한 반사율은 충분히 낮지 않다. 한편, 위의 조성비에서보다 N 의 비율이 큰 경우, 막밀도가 낮아지는 경향이 있고, EUV 광에 대한 흡수 계수가 낮아지는 경향이 있으며, EUV 광에 대한 충분한 흡수 특성을 얻을 수 없다. 또, 흡수체층 (14) 의 내산성이 낮아지는 경향이 있다.

[0079] 흡수체층 (14) 내의 Ta 함유율은 50at% 내지 90at% 인 것이 더욱 바람직하고, 60at% 내지 80at% 인 것이 더욱 더 바람직하다. 흡수체층 (14) 의 N 함유율은, 5at% 내지 30at% 인 것이 더욱 바람직하고, 10at% 내지 25at% 인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0080] 흡수체층 (14) 은 Ta, B, Si, N 이외의 원소를 함유할 수도 있으나, EUV 광에 대한 흡수 특성과 같은 마스크 블랭크로서의 특성들을 갖는 것이 요구된다.

[0081] 흡수체층은 위의 구성에 의해 아몰퍼스 상태이다. 이 설명에서, "아몰퍼스 상태인 것" 은 전혀 결정 구조를 가지지 않는 아몰퍼스 구조뿐만 아니라 미세결정 상태 (microcrystal state) 를 포함한다. 흡수체층 (14) 이 아몰퍼스 구조 막 또는 미세결정 구조 막인 경우 흡수체층 (14) 표면은 평활성이 우수하다.

[0082] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서, 흡수체층 (14) 이 아몰퍼스 구조 막 또는 미세결정 구조 막이기 때문에, 흡수체층 (14) 표면의 표면 거칠기는 0.5nm rms 이하이다. 흡수체층 (14) 표면의 표면 거칠기가 큰 경우, 흡수체층 (14) 상에 형성되는 패턴의 에지 거칠기가 커져 패턴의 치수 정확도를 열화시킨다. 패턴이 미세화함에 따라 에지 거칠기의 영향이 증가하는 경향이 있기 때문에, 흡수체층 (14) 표면은 평활하게 될 것이 요구된다.

[0083] 흡수체층 (14) 표면의 표면 거칠기가 0.5nm rms 이하인 경우, 흡수체층 (14) 표면이 충분히 평활하며, 따라서 에지 거칠기의 영향에 의해 패턴의 치수 정확도가 악화되지 않는다. 흡수체층 (14) 표면의 표면 거칠기는 0.4nm rms 이하인 것이 더욱 바람직하고, 0.3nm rms 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0084] 아몰퍼스 상태인, 즉, 아몰퍼스 구조 또는 미세결정 구조를 갖는 흡수체층 (14) 에서의 흡수체층 (14) 의 결정 상태를 X 선회절 (XRD) 에 의해 확인할 수 있다. 흡수체층 (14) 의 결정 상태가 아몰퍼스 구조 또는 미세결정 구조인 경우, XRD 측정에 의해 획득가능한 회절 피크에서 샤프한 피크를 볼 수 없다.

[0085] 흡수체층 (14) 의 두께는 50nm 내지 100nm 인 것이 바람직하다. 위의 구조를 갖는 흡수층 (14) 은 공지된 성막 방법, 예를 들어, 마그네트론 스퍼터링 이나 이온 빔 스퍼터링과 같은 스퍼터링 방법을 이용하여 형성될 수 있다. 마그네트론 스퍼터링의 경우, 다음의 방법 (1) 내지 방법 (3) 중 어느 하나의 방법으로 흡수체층 (14) 을 형성할 수 있다.

[0086] (1) Ta 타깃, B 타깃 및 Si 타깃을 이용하여, 아르곤 (Ar) 으로 희석된 질소 ($N_2$) 분위기에서 각각의 타킷들을 동시에 방전시킴으로써 흡수체층 (14) 을 형성한다.

[0087] (2) TaB 화합물 타깃 및 Si 타깃을 이용하여, 아르곤으로 희석된 질소 분위기에서 이들 타깃들을 동시 방전시킴으로써 흡수체층 (14) 을 형성한다.

[0088] (3) TaBSi 화합물 타깃을 이용하여, 아르곤으로 희석된 질소 분위기에서 이들 결합된 3 개의 원소들을 포함한 타깃을 방전시킴으로써 흡수체층 (14) 을 형성한다. 상술한 방법들 중에서, 2 개 이상의 타깃들을 동시에 방전시키는 방법들 ((1) 및 (2)) 에서, 각 타깃들에 인가된 전력을 조정함으로써 형성될 흡수체층 (14) 의 조성을 제어할 수 있다.

[0089] 위의 방법들 중에서, 방법 (2) 및 방법 (3) 은 불안정한 방전 또는 막의 조성 및 두께의 디스퍼전을 회피할 수 있는 점에서 바람직하고, 방법 (3) 은 특히 바람직하다. TaBSi 화합물 타깃은 불안정한 방전 또는 막의 조성 및 두께의 디스퍼전을 회피할 수 있는 점에서 Ta=50at% 내지 94at% 이고, Si=5at% 내지 30at% 이며, B=1at% 내지 20at% 인 조성을 갖는 것이 특히 바람직하다.

[0090] 특히, 위의 예시된 방법에 의해 흡수체층 (14) 을 형성하기 위하여, 다음의 성막 조건들 하에서 성막을 수행한다.

[0091] TaB 화합물 타깃과 Si 타깃을 이용한 방법 (2)

[0092] 스퍼터링 가스: Ar 과 $N_2$ 혼합 가스 ($N_2$ 가스 농도: 3vol% 내지 80vol% 이고, 바람직하게는 5vol% 내지 30vol% 이고, 더욱 바람직하게는 8vol% 내지 15vol% 이며, 가스 압력: $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $10\times10^{-1}$Pa 이고, 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $5\times10^{-1}$Pa 이고, 더욱 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $3\times10^{-1}$Pa 임)

[0093] 인가된 전력 (각 타깃마다): 30W 내지 1,000W 이고, 바람직하게는 50W 내지 750W 이고, 더욱 바람직하게는 80W 내지 500W 임

[0094] 성막 속도: 2.0nm/min 내지 60nm/min 이고, 바람직하게는 3.5nm/min 내지 45nm/min 이고, 더욱 바람직하게는 5nm/min 내지 30nm/min 임

[0095] TaBSi 화합물 타깃을 이용한 방법 (3)

[0096] 스퍼터링 가스: Ar 과 $N_2$ 혼합 가스 ($N_2$ 가스 농도: 3vol% 내지 80vol% 이고, 바람직하게는 5vol% 내지 30vol% 이고, 더욱 바람직하게는 8vol% 내지 15vol% 이며, 가스 압력: $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $10\times10^{-1}$Pa 이고, 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $5\times10^{-1}$Pa 이고, 더욱 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $3\times10^{-1}$Pa 임)

[0097] 인가된 전력: 30W 내지 1,000W 이고, 바람직하게는 50W 내지 750W 이고, 더욱 바람직하게는 80W 내지 500W 임

[0098] 성막 속도: 2.0nm/min 내지 60nm/min 이고, 바람직하게는 3.5nm/min 내지 45nm/min 이고, 더욱 바람직하게는 5nm/min 내지 30nm/min 임

[0099] 저반사층 (15) 은 마스크 패턴의 검사에 사용될 검사 광에 대한 낮은 반사막으로 구성된다. EUV 마스크의 준비 시, 흡수체층 상에 패턴을 형성한 후, 설계된 바와 같이 패턴이 형성되는지 여부에 대해 EUV 마스크를 검사한다. 이 마스크 패턴의 검사에서, 검사 광으로서 통상 약 257nm 인 파장에서의 광을 채용하는 검사기를 사용한다. 즉, 약 257nm 인 파장에서의 이 광에 대한 반사율의 차이에 의해, 구체적으로, 패턴 형성에 의해 흡수체층 (14) 이 제거되는 노출된 면과 패턴 형성에 의해 제거되지 않고 남은 흡수체층 (14) 의 표면 사이의 반사율의 차이에 의해 EUV 마스크를 검사한다. 전자의 면은 반사층 (12) 표면 또는 보호층 (13) 표면에 대응하고, 통상은 보호층 (13) 표면에 대응한다. 따라서, 검사 광의 파장에서의 광에 대해 보호층 (13) 의 표면과 흡수체층 (14) 의 표면 사이의 반사율 차이가 적다면, 검사 시의 콘트라스트가 나빠져 정확한 검사를 수행하지 못한다.

[0100] 상술한 구조를 갖는 흡수체층 (14) 은 EUV 광 반사율이 매우 낮고 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 위한 흡수체층으로서 우수한 특성을 갖지만, 검사 광의 파장에 대해서, 자신의 광 반사율이 반드시 충분히 낮을 필요는 없다. 따라서, 검사 광의 파장에서 흡수체층 (14) 표면 상에서의 반사율과 보호층 (13) 표면 상에서의 반사율 사이의 차이가 작아, 검사 시에 충분한 콘트라스트를 얻지 못할 수도 있다. 검사 시의 충분한 콘트라스트를 얻을 수 없는 경우, 마스크 검사 시에 패턴의 결함을 충분히 판별하지 못하고, 정확하게 결함 검사를 실시할 수 없다.

[0101] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서, 흡수체층 (14) 상에 검사 광에 대한 저반사층 (15) 을 형성하여 검사 시에 양호한 콘트라스트를 얻고, 즉, 검사 광의 파장에서의 광 반사율이 매우 낮다. 구체적으로, 검사 광의 파장 범위 내의 광선으로 저반사층 (15) 을 조사하는 경우, 검사 광의 파장에서의 최대 광 반사율이 15% 이하인

것이 바람직하고, 10% 이하인 것이 더욱 바람직하고, 5% 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0102] 검사 광의 파장에서 저반사층 (15) 이 15% 이하인 광 반사율을 갖는 경우, 검사 시 양호한 콘트라스트를 얻는다. 구체적으로, 보호층 (13) 표면 상에서 검사 광의 파장에서의 반사된 광과 저반사층 (15) 표면 상에서 검사 광의 파장에서의 반사된 광 사이의 콘트라스트는 40% 이상이 된다.

[0103] 본 설명에서는, 다음의 공식에 의해 콘트라스트를 결정할 수 있다.

[0104] 콘트라스트 (%) = $((R_2-R_1)/(R_2+R_1))\times 100$

[0105] 검사 광의 파장에 있어서의 $R_2$ 는 보호층 (13) 표면 상에서의 반사율이며, $R_1$ 은 저반사층 (15) 표면 상에서의 반사율이다. 위의 $R_1$ 및 $R_2$ 는, 도 2 에 도시되는 바와 같이 도 1 에 도시된 EUV 마스크 블랭크 (1) 의 흡수체층 (14) (및 저반사층 (15)) 상에 패턴을 형성하는 상태에서 측정한다. 위의 $R_2$ 는 패턴 형성에 의해 흡수체층 (14) 및 저반사층 (15) 이 제거되어, 외부에 노출되는 반사층 (12) 표면 또는 보호층 (13) 표면 상에서 측정된 값이며, $R_1$ 은 패턴 형성에 의해 제거되지 않고 남은 저반사층 (15) 표면 상에서 측정된 값이다.

[0106] 본 발명에서, 위의 공식에 의해 나타낸 콘트라스트는 45% 이상이 더욱 바람직하고, 60% 이상이 더욱 더 바람직하며, 80% 이상이 특히 바람직하다.

[0107] 저반사층 (15) 은 검사 광의 파장에서 반사율이 흡수체층 (14) 의 그것보다 낮은 재료로 이루어지는 것이 바람직하고, 위의 특성을 달성하기 위하여 아몰퍼스 구조를 갖는 것이 바람직하다.

[0108] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 의 저반사층 (15) 의 일 실시형태에 따르면, 저반사층 (15) 은 이후 언급되는 특정 비율을 갖는 Ta, B, Si 및 산소 (O) 를 함유하여 위의 특성들을 달성한다.

[0109] 저반사층 (15) 의 B 함유율은 1at% 이상 5 at% 미만이다. 흡수체층에 대해 상술한 바와 같이, Ta 와 B 를 함유한 막 (TaB 막, TaBN 막, TaBO 막, TaBNO 막) 을 사용하는 경우, 막이 아몰퍼스 상태이기 위하여, 막 내의 B 함유율이 5at% 이상일 필요가 있다. 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에 대해, 저반사층 (15) 이 특정 비율로 탄탈 (Ta), 붕소 (B), 규소 (Si) 및 산소 (O) 를 함유함으로써, 층 내의 B 함유율이 5at% 미만일 경우도 저반사층 (15) 은 아몰퍼스 상태이다.

[0110] 저반사층 (15) 내의 B 함유율이 1at% 미만이라면, 저반사층 (15) 이 아몰퍼스 상태이기 위하여 Si 양을 증가시킬 필요가 있다. 구체적으로, Si 함유율이 25at% 를 초과하는 것이 요구되고, Si 함유율 및 흡수체층 (14) 의 두께에 따라 EUV 광 반사율을 0.5% 이하로 하는데 요구된 흡수체층 (14) 과 저반사층 (15) 의 총 두께는 두꺼워진다. 저반사층 (15) 내의 B 함유율이 5at% 이상이면, 낮은 성막 속도와 같이 흡수체층 (14) 에 대해 서술되는 바와 같은 문제들이 생기는 경향이 있다.

[0111] 저반사층 (15) 내의 B 함유율은 1at% 내지 4.5at% 인 것이 더욱 바람직하고, 1.5at% 내지 4at% 인 것이 더욱 바람직하다.

[0112] 저반사층 (15) 내의 Si 함유율은 1at% 내지 25at% 이다. 저반사층 (15) 내의 Si 함유율이 1at% 미만이면, 저반사층 (15) 은 아몰퍼스 상태가 되지 않는다. Si 가 EUV 광에 대한 낮은 흡수 계수를 나타내는 재료이기 때문에, 저반사층 (15) 내의 Si 함유율이 25at% 를 초과하면, 흡수체층 (14) 의 Si 함유율 및 두께에 따라, EUV 광 반사율을 0.5% 이하로 하는데 요구된 흡수체층 (14) 및 저반사층 (15) 의 총 두께는 두꺼워지는 경향이 있다.

[0113] 저반사층 (15) 내의 Si 농도는 1at% 내지 20at% 인 것이 더욱 바람직하고, 2at% 내지 10at% 인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0114] 저반사층 (15) 에서, B 및 Si 이외의 성분들은 Ta 및 O 이다. 저반사층 (15) 내의 O 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:O) 는 7:2 내지 1:2 이다. 위의 조성비에서보다 Ta 의 비율이 높으면, 패턴 검사 광의 파장 범위 내의 광 반사율은 충분히 낮지 않다. 한편, 위의 조성비에서보다 O 의 비율이 높으면, 절연 특성이 커지는 경향이 있어, 전자 광선 조사에 의해 차지 업 (charge up) 이 발생할 수도 있다. 막밀도가 감소하고, 저반사층 (15) 의 절연성이 증가하며, 저반사층 (15) 상에 전자 빔 리소그래피 시 차지 업이 일어날 수 있다. 이때, 저반사층 (15) 은 흡수체층 (14) 보다 얇고, 차지 업은 상대적으로 덜 일어날 수 있다. 따라서, 흡수체층 (14) 과 비교해 O 함유율의 상한은 높다.

[0115] 저반사층 (15) 내의 O 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:O) 는 7:2 내지 1:1 인 것이 바람직하고, 더욱 바람직하게는

2:1 내지 1:1 이다.

[0116] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서, 저반사층 (15) 은 Ta, B, Si 및 O 뿐만 아니라 N 을 더 포함할 수도 있다.

[0117] 즉, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서, 저반사층 (15) 의 제 2 실시형태에 따르면, 저반사층 (15) 은 뒤에 언급되는 특정 비율의 Ta, B, Si, O 및 N 를 함유하여 위의 특성들을 달성한다.

[0118] 저반사층 (15) 이 N 을 함유함으로써 저반사층 (15) 표면의 평활성을 향상시킬 것이라고 고려된다.

[0119] 이하, 본 명세서에서는, 저반사층의 제 1 실시형태를 저반사층 (TaBSiO) 으로서 서술하고, 제 2 실시형태를 저반사층 (TaBSiON) 으로서 서술하여 이들을 구별한다. 저반사층의 재료인 TaBSiO 가 절연체이지만, 저반사층이 통상 두껍기 때문에, 전자 빔 리소그래피 시 차지 업의 문제는 사실상 생기지 않는다.

[0120] 저반사층 (TaBSiON) 내의 B 함유율은 1at% 이상 5at% 미만이다. 저반사층 (15) 내의 B 함유율이 1at% 미만인 경우, 저반사층 (15) 이 아몰퍼스 상태이기 위하여 Si 양을 증가시킬 필요가 있다. 구체적으로, Si 함유율이 25at% 를 초과하도록 해야 하고, 흡수체층 (14) 의 Si 함유율 및 막두께에 따라, EUV 광 반사율을 0.5% 이하로 하는데 요구된 흡수체층 (14) 및 저반사층 (15) 의 총 두께는 두꺼워지는 경향이 있고, 이것은 바람직하지 않다. 저반사층 (15) 내의 B 함유율이 5at% 이상이면, 낮은 성막 속도와 같은 흡수체층 (14) 에 대해 서술되는 바와 같은 문제들이 생긴다.

[0121] 저반사층 (TaBSiON) 내의 B 함유율은 1at% 내지 4.5at% 인 것이 더욱 바람직하고, 2at% 내지 4.0at% 인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0122] 저반사층 (TaBSiON) 내의 Si 함유율은 1at% 내지 25at% 이다. 저반사층 (TaBSiON) 내의 Si 함유율이 1at% 미만이면, 저반사층 (TaBSiON) 은 아몰퍼스 상태가 되지 않는다. Si 가 EUV 광에 대해 낮은 흡수 계수를 나타내는 재료이기 때문에, 저반사층 (15) 내의 Si 함유율이 25at% 를 초과하는 경우, 흡수체층 (14) 의 Si 함유율 및 두께에 따라, EUV 광 반사율을 0.5% 이하로 하는데 요구된 흡수체층 (14) 및 저반사층 (15) 의 총 두께는 두꺼워지는 경향이 있다.

[0123] 저반사층 (TaBSiON) 내의 Si 함유율은 1at% 내지 20at% 인 것이 더욱 바람직하고, 2at% 내지 10at% 인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0124] 저반사층 (TaBSiON) 에서, B 및 Si 이외의 성분들은 Ta, O 및 N 이다. 저반사층 (TaBSiON) 에서, O 와 N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:(O+N)) 는 7:2 내지 1:2 이다. 위의 조성비에서보다 Ta 의 비율이 높으면, 패턴 검사 광의 파장 범위 내의 광 반사율은 충분히 낮지 않다. 한편, 위의 조성비에서보다 O 와 N 의 비율이 높은 경우, 저반사층 (TaBSiON) 의 내산성이 감소하고, 저반사층 (TaBSiON) 의 절연 특성이 증가하여 저반사층 (TaBSiON) 상에 전자 빔 리소그래피 시 차지 업이 일어나는 것과 같은 문제들이 생기는 경향이 있다.

[0125] 저반사층 (TaBSiON) 내의 O 와 N 에 대한 Ta 의 조성비 (Ta:(O+N)) 는 7:2 내지 1:1 이 바람직하고, 2:1 내지 1:1 이 더욱 바람직하다.

[0126] 위의 구조를 갖는 저반사층 (TaBSiO) 또는 저반사층 (TaBSiON) 은 아몰퍼스 상태이고 평활성이 우수한 표면을 갖는다. 구체적으로, 저반사층 (TaBSiO) 또는 저반사층 (TaBSiON) 의 표면 거칠기는 0.5nm rms 이하이다.

[0127] 상술한 바와 같이, 흡수체층의 표면은 에지 거칠기의 영향에 의해 패턴의 치수 정확도의 열화를 방지하도록 평활한 것이 요구된다. 흡수체층 상에 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 를 형성하기 때문에, 동일한 이유로 흡수체층의 표면은 평활한 것이 요구된다.

[0128] 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 의 표면의 표면 거칠기가 0.5nm rms 이하인 경우, 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 의 표면이 충분히 평활하기 때문에 에지 거칠기의 영향에 의해 패턴의 치수 정확도가 열화되지 않는다. 저반사층 (15) 표면의 표면 거칠기는 0.4nm rms 이하인 것이 더욱 바람직하고, 0.3nm rms 이하인 것이 더욱 더 바람직하다.

[0129] 저반사층은 N 을 함유하는 것이 바람직하고, 즉, 평활성 관점에서 저반사층 (TaBSiON) 이 저반사층 (TaBSiO) 보다 더욱 바람직하다.

[0130] 아몰퍼스 상태, 예를 들어, 아몰퍼스 구조 또는 미세결정 구조인 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 은 X-선 회절 (XRD) 에 의해 확인될 수 있다. 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 의 결정 구조가 아몰퍼스 구조 또는

미세결정 구조인 경우, XRD 측정에 의해 획득가능한 회절 피크 중에서 샤프한 피크는 확인되지 않는다.

[0131] 흡수체층 상에 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 을 형성하는 경우, 흡수체층과 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 의 총 두께는 55nm 내지 130nm 인 것이 바람직하다. 또한, 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 이 흡수체층보다 두꺼운 경우, 흡수체층의 EUV 광 흡수 특성이 감소할 수도 있기 때문에 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 은 흡수체층보다 얇은 것이 바람직하다. 따라서, 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 의 두께는 5nm 내지 30nm 인 것이 바람직하고, 10nm 내지 20nm 인 것이 더욱 바람직하다.

[0132] 공지된 성막 방법, 예를 들어, 마그네트론 스퍼터링 또는 이온 빔 스퍼터링과 같은 스퍼터링 방법에 의해 저반사층 (TaBSiO) 또는 (TaBSiON) 을 형성할 수 있다. 마그네트론 스퍼터링의 경우, 저반사층 (TaBSiO) 은 다음의 방법 (1) 내지 방법 (3) 중 어느 하나의 방법에 의해 형성될 수 있다.

[0133] (1) Ta 타깃, B 타깃 및 Si 타깃을 이용하여, 아르곤 (Ar) 으로 희석된 산소 ($O_2$) 분위기에서 각각의 타깃들을 동시에 방전시킴으로써 저반사층 (TaBSiO) 을 형성한다.

[0134] (2) TaB 화합물 타깃 및 Si 타깃을 이용하여, 아르곤으로 희석된 산소 분위기에서 이들 타깃들을 동시 방전시킴으로써 저반사층 (TaBSiO) 을 형성한다.

[0135] (3) TaBSi 화합물 타깃을 이용하여, 아르곤으로 희석된 산소 분위기에서 이들 결합된 3 개의 원소들을 포함한 타깃을 방전시킴으로써 저반사층 (TaBSiO) 을 형성한다.

[0136] 상술한 방법들 중에서, 2 이상의 타깃들을 동시에 방전시키는 방법들 ((1) 및 (2)) 에서, 각 타깃들에 인가된 전력을 조정함으로써 형성될 저반사층 (TaBSiO) 의 조성을 제어할 수 있다.

[0137] 위의 방법들 중에서, 방법 (2) 및 방법 (3) 은 불안정한 방전 또는 막의 조성 및 두께의 디스퍼전을 회피할 수 있는 점에서 바람직하고, 방법 (3) 이 특히 바람직하다. TaBSi 화합물 타깃은 불안정한 방전 또는 막의 조성 및 두께의 디스퍼전을 회피할 수 있는 점에서 Ta=50at% 내지 94at% 이고, Si=5at% 내지 30at% 이고, B=1at% 내지 20at% 인 조성을 갖는 것이 특히 바람직하다.

[0138] 상술한 바와 같이, Ta 타깃과 B 타깃을 이용한 성막의 경우, B 타깃이 높은 저항을 갖고 가벼운 원소이기 때문에, Ta 타깃에 비하여 성막 속도가 1/10 이하인 경우가 많다. 따라서, 특허 문헌 1 에 개시된 바와 같이 막의 결정 구조를 아몰퍼스로 하는데 요구된 함유율 (적어도 5at%) 의 B 를 첨가하기 위하여, Ta 타깃의 성막 속도를 낮추는 것이 필요하나, 이것은 제조 효율을 현저하게 감소시켜 바람직하지 않다.

[0139] 한편, TaB 화합물 타깃을 이용한 방법에서, 예를 들어, 20at% 인 B 와 80at% 인 Ta 를 함유한 화합물 타깃을 이용한 경우, 막 내에 사실상 첨가된 B 의 최대 함유율이 약 6at% 이고, 막 내의 B 함유율을 5at% 이상으로 제어하는 것이 어렵다. 또한, N 을 첨가하면, 막 내의 B 함유율은 4at% 이하이고, 막의 결정 구조는 아몰퍼스일 수 없다.

[0140] 이 문제를 해결하기 위하여, TaB 화합물 타깃 중 B 함유량을 더 증가 (예를 들어, B: 50at% 및 Ta: 50at%) 시켜 막 내의 B 함유량의 증가를 예상한다. 그러나, TaB 타깃 내의 B 함유율이 증가함에 따라, TaB 타깃의 저항이 증가하고, 방전이 불안정해지고 성막 속도가 낮아지는 경향이 있다. 불안정한 방전은 막의 조성 또는 두께의 디스퍼전을 야기할 수도 있고, 몇몇 경우에 성막할 수 없다.

[0141] 이들 문제들을 해결하는 것은 위의 TaBSi 화합물 타깃이다. 이를 이용함으로써, TaBSiN 막의 생산성을 개선시킬 수 있고, 가능한 조성 및 두께의 디스퍼전을 억제하는 것이 가능하다.

[0142] 저반사층 (TaBSiN) 을 형성하는 경우, 아르곤으로 희석된 산소 분위기 대신에 아르곤으로 희석된 산소/질소 혼합 가스의 분위기에서 위에서와 동일한 절차를 수행한다. 이러한 절차에 의해, 위에서 서술된 동일 방식으로 TaBSiON 막의 생산성을 향상시킬 수 있고, 가능한 조성 및 두께의 디스퍼전을 억제하는 것이 가능하다.

[0143] 위 방법에 의해 저반사층 (TaBSiO) 을 형성하기 위하여, 구체적으로 성막은 다음 성막 조건들 하에서 수행된다.

[0144] TaB 화합물 타깃 및 Si 타깃을 이용한 방법 (2)

[0145] 스퍼터링 가스: Ar 과 $O_2$ 혼합 가스 ($O_2$ 가스 농도: 3vol% 내지 80vol% 이고, 바람직하게는 5vol% 내지 30vol% 이고, 더욱 바람직하게는 8vol% 내지 15vol% 이며, 가스 압력: $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $10\times10^{-1}$Pa 이고, 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $5\times10^{-1}$Pa 이고, 더욱 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $3\times10^{-1}$Pa 임)

[0146] 인가된 전력 (각 타깃마다): 30W 내지 1,000W 이고, 바람직하게는 50W 내지 750W 이고, 더욱 바람직하게는 80W 내지 500W 임

[0147] 성막 속도: 2.0nm/min 내지 60nm/min 이고, 바람직하게는 3.5nm/min 내지 45nm/min 이고, 더욱 바람직하게는 5nm/min 내지 30nm/min 임

[0148] TaBSi 화합물 타깃을 이용한 방법 (3)

[0149] 스퍼터링 가스: Ar 과 $O_2$ 혼합 가스 ($O_2$ 가스 농도: 3vol% 내지 80vol% 이고, 바람직하게는 5vol% 내지 30vol% 이고, 더욱 바람직하게는 8vol% 내지 15vol% 이며, 가스 압력: $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $10\times10^{-1}$Pa 이고, 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $5\times10^{-1}$Pa 이고, 더욱 바람직하게는 $1.0\times10^{-1}$Pa 내지 $3\times10^{-1}$Pa 임)

[0150] 인가된 전력: 30W 내지 1,000W 이고, 바람직하게는 50W 내지 750W 이고, 더욱 바람직하게는 80W 내지 500W 임

[0151] 성막 속도: 2.0nm/min 내지 50nm/min 이고, 바람직하게는 2.5nm/min 내지 35nm/min 이고, 더욱 바람직하게는 5nm/min 내지 25nm/min 임

[0152] 위의 방법에 의해 저반사층 (TaBSiON) 을 형성하기 위하여, 구체적으로 성막은 다음의 성막 조건들 하에서 수행된다.

[0153] TaB 화합물 타깃 및 Si 타깃을 이용한 방법 (2)

[0154] 스퍼터링 가스: Ar, $O_2$ 및 $N_2$ 혼합 가스 ($O_2$ 가스 농도: 5vol% 내지 30vol% 이고, $N_2$ 가스 농도: 5vol% 내지 30vol% 이며, 바람직하게는 $O_2$ 가스 농도: 6vol% 내지 25vol% 이고, $N_2$ 가스 농도: 6vol% 내지 25vol% 이며, 더욱 바람직하게는 $O_2$ 가스 농도: 10vol% 내지 20vol% 이고, $N_2$ 가스 농도: 15vol% 내지 25vol% 이며, 가스 압력: $1.0\times10^{-2}$Pa 내지 $10\times10^{-2}$Pa 이고, 바람직하게는 $1.0\times10^{-2}$Pa 내지 $5\times10^{-2}$Pa 이고, 더욱 바람직하게는 $1.0\times10^{-2}$Pa 내지 $3\times10^{-2}$Pa 임)

[0155] 인가된 전력 (각 타깃마다): 30W 내지 1,000W 이고, 바람직하게는 50W 내지 750W 이고, 더욱 바람직하게는 80W 내지 500W 임

[0156] 성막 속도: 2.0nm/min 내지 50nm/min 이고, 바람직하게는 2.5nm/min 내지 35nm/min 이고, 더욱 바람직하게는 5nm/min 내지 25nm/min 임

[0157] TaBSi 화합물 타깃을 이용한 방법 (3)

[0158] 스퍼터링 가스: Ar, $O_2$ 및 $N_2$ 혼합 가스 ($O_2$ 가스 농도: 5vol% 내지 30vol% 이고, $N_2$ 가스 농도: 5vol% 내지 30vol% 이며, 바람직하게는 $O_2$ 가스 농도: 6vol% 내지 25vol% 이고, $N_2$ 가스 농도: 6vol% 내지 25vol% 이며, 더욱 바람직하게는 $O_2$ 가스 농도: 10vol% 내지 20vol% 이고, $N_2$ 가스 농도: 15vol% 내지 25vol% 이며, 가스 압력: $1.0\times10^{-2}$Pa 내지 $10\times10^{-2}$Pa 이고, 바람직하게는 $1.0\times10^{-2}$Pa 내지 $5\times10^{-2}$Pa 이고, 더욱 바람직하게는 $1.0\times10^{-2}$Pa 내지 $3\times10^{-2}$Pa 임)

[0159] 인가된 전력: 30W 내지 1,000W 이고, 바람직하게는 50W 내지 750W 이고, 더욱 바람직하게는 80W 내지 500W 임

[0160] 성막 속도: 2.0nm/min 내지 50nm/min 이고, 바람직하게는 2.5nm/min 내지 35nm/min 이고, 더욱 바람직하게는 5nm/min 내지 25nm/min 임

[0161] 본 발명에서, 패턴 검사 광의 파장 및 EUV 광의 파장이 상이하기 때문에 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 의 흡수체층 (14) 상에 저반사층 (15) 을 형성하는 것이 바람직하다. 따라서, 패턴 검사 광으로서 EUV 광 (13.5nm 부근에서) 을 사용하는 경우, 흡수체층 (14) 상에 저반사층 (15) 을 형성하는 것이 필요하지 않는 것으로 고려된다. 검사 광의 파장은 패턴 치수의 감소에 따라 짧은 파장으로 이동하는 경향이 있고, 장래에 193nm 또는 13.5nm 로 더 이동하는 것으로 고려된다. 검사 광의 파장이 13.5nm 인 경우, 흡수체층 (14) 상에 저반사층 (15) 을 형성하는 것이 필요하지 않는 것으로 고려된다.

[0162] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (1) 는 반사층 (12), 보호층 (13), 흡수체층 (14) 및 저반사층 (15) 뿐만 아니라 EUV 마스크 블랭크의 분야에서 공지된 기능막을 가질 수도 있다. 이러한 기능막의 구체적인 예로서는, 기판

의 정전 척킹 (electrostatic chucking) 을 촉진하기 위하여 기판의 이면 측에 적용될 고유전성 코팅을 포함한다. 기판의 이면은 도 1 의 기판 (11) 에 반사층 (12) 이 형성되는 면과 반대측의 면을 나타낸다. 상기 목적으로 면 저항이 100Ω/□ 이하가 되도록 기판의 이면에 적용될 고유전성 코팅의 구성 재료의 전기 전도율과 두께를 선택한다. 고유전성 코팅의 구성 재료로서, 공지의 문헌에 개시된 것들로부터 폭넓게 선택할 수 있다. 예를 들어, JP-A-2003-501823 에 개시된 바와 같은 고유전성 코팅, 구체적으로, 규소, TiN, 몰리브덴, 크롬 또는 TaSi 를 포함한 코팅을 도포할 수 있다. 고유전성 코팅의 두께는 예를 들어, 10nm 내지 1,000nm 일 수도 있다.

[0163] 공지된 성막 방법, 예를 들어, 마그네트론 스퍼터링 또는 이온 빔 스퍼터링과 같은 스퍼터링 방법, CVD 방법, 진공 증착 방법 또는 전해 도금 방법에 의해 고유전성 코팅을 형성할 수 있다.

[0164] **실시예**

[0165] 이하, 실시예들을 참고하여 본 발명을 더 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명이 이러한 구체적 실시예들에 결코 제한되지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0166] 실시예 1

[0167] 본 실시예에서, 도 1 에 도시된 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 준비하였다. 실시예 1 의 EUV 마스크 블랭크 (1) 에서는 흡수체층 (14) 상에 저반사층 (15) 을 형성하지 않았다.

[0168] 성막용 기판 (11) 로서는, $SiO_2$-$TiO_2$ 유리 기판 (6 인치 (152.4mm) 제곱인 외부 치수와 6.3mm 인 두께) 을 사용하였다. 이 유리 기판은 $0.2\times10^{-7}$/℃ 인 열팽창 계수, 67GPa 인 영률 (Young's modulus), 0.17 인 포아송비 (Poisson's ratio) 와 $3.07\times10^{7}$ $m^2/s^2$ 인 비강성 (specific rigidity) 을 갖는다. 0.15nm rms 이하인 평활 표면과 100nm 이하인 평탄도를 갖도록 이 유리 기판을 연마하였다.

[0169] 기판 (11) 의 이면에는, 마그네트론 스퍼터링에 의해 100nm 인 두께를 갖는 Cr 막을 성막하여 100Ω/□ 인 면저항을 갖는 고유전성 코팅을 도포하였다.

[0170] 그 형성된 Cr 막을 이용하여 평판 형상인 종래의 정전척에 그 기판 (6 인치 (152.4mm) 제곱인 외부 치수와 6.3mm 인 두께) 을 고정시키고, 이온 빔 스퍼터링에 의해 그 기판의 표면 상에 Si 막과 Mo 막을 교대로 성막하는 것을 포함한 사이클을 40 사이클 반복하여 272nm ((4.5nm+2.3nm)×40) 인 총 막 두께를 갖는 Si/Mo 다층 반사막 (반사층 (12)) 을 형성하였다.

[0171] 또한, Si/Mo 다층 반사막 (반사층 (12)) 상에 이온 빔 스퍼터링에 의해 Ru 막 (막 두께 2.5nm) 을 성막하여 보호층 (13) 을 형성하였다.

[0172] Si 막, Mo 막 및 Ru 막의 성막 조건들은 다음과 같다.

[0173] (Si 막의 성막 조건들)

[0174] 타깃: Si 타깃 (붕소 도핑됨)

[0175] 스퍼터링 가스: Ar 가스 (가스 압력 0.02Pa)

[0176] 전압: 700V

[0177] 성막 속도: 0.077nm/sec

[0178] 막 두께: 4.5nm

[0179] (Mo 막의 성막 조건들)

[0180] 타깃: Mo 타깃

[0181] 스퍼터링 가스: Ar 가스 (가스 압력 0.02Pa)

[0182] 전압: 700V

[0183] 성막 속도: 0.064nm/sec

[0184] 막 두께: 2.3nm

[0185] (Ru 막의 성막 조건들)

[0186] 타깃: Ru 타깃

[0187] 스퍼터링 가스: Ar 가스 (가스 압력 0.02Pa)

[0188] 전압: 500V

[0189] 성막 속도: 0.023nm/sec

[0190] 막 두께: 2.5nm

[0191] 이후, 마그네트론 스퍼터링에 의해 보호층 (13) 상에 흡수체층 (14) 로서 TaBSiN 층을 형성하여 기판 (11) 과 그 기판 (11) 상에 반사층 (12), 보호층 (13) 및 흡수체층 (14) 이 이 순서대로 형성된 반사층 (12), 보호층 (13) 및 흡수체층 (14) 을 포함하는 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 획득하였다.

[0192] TaBSiN 층의 성막 조건들은 다음과 같다.

[0193] (TaBSiN 층의 성막 조건들)

[0194] 타깃: TaBSi 화합물 타깃 (조성비: Ta 80at%, B 10at%, Si 10at%)

[0195] 스퍼터링 가스: Ar 및 $N_2$ 혼합 가스 (Ar: 86vol%, $N_2$: 14vol%, 가스 압력: 0.3Pa)

[0196] 인가된 전력: 150W

[0197] 성막 속도: 0.12nm/sec

[0198] 막 두께: 60nm

[0199] 위의 절차에 의해 획득된 EUV 마스크 블랭크 내의 흡수체층에 대해 다음의 평가 (1) 내지 평가 (4) 를 수행하였다.

[0200] (1) 막 조성

[0201] X-선 광전자 스펙트로미터 (PERKIN ELEMER-PHI 제조, 번호 5,500) 를 이용하여 흡수체층 (TaSiBN 막) 의 조성을 측정하였다. 흡수체층의 조성비 (at%) 는 Ta:B:Si:N=70:3:10:17 (70at% 인 Ta 함유율, 3at% 인 B 함유율, 10at% 인 Si 함유율, 17at% 인 N 함유율) 이었다.

[0202] (2) 결정 구조

[0203] X-선 회절장치 (X-Ray Diffractmeter, Rigaku Corporation 제조) 에 의해 흡수체층 (TaSiBN 막) 의 결정 구조를 확인하였다. 획득된 회절 피크에서 샤프한 피크를 보지 못하였기 때문에 흡수체층의 결정 구조가 아몰퍼스 구조 또는 미세결정 구조인 것을 확인하였다.

[0204] (3) 표면 거칠기

[0205] JIS-B0601 (1994) 에 따라 원자간력 현미경 (atomic force microscope, Seiko Instruments Inc. 제조, 번호 SPI3800) 을 이용하여 흡수체층 (TaSiBN 막) 의 표면 거칠기를 확인하였다. 흡수체층의 표면 거칠기는 0.15nm rms 이었다.

[0206] (4) 저항

[0207] 4-점 탐침 측정 장치: Mitsubishi Petrochemical Co., Ltd. 에 의해 제조된, Loresta AP MCP-T400 을 사용하여 흡수체층 (TaSiBN 막) 의 저항을 측정하였고, 그 결과, $2.0\times10^{-4}$ Ω · cm 이었다.

[0208] 실시예 2

[0209] 본 실시예에서는, 흡수체층 (14) 상에 형성된 저반사층 (15) 을 포함하는 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 준비하였다.

[0210] 본 실시예에서는, 보호층 (13) 상에 흡수체층 (14) 을 형성할 때까지 실시예 1 에서와 같은 공정을 수행하였다.
흡수체층 (14) 상에서는, 마그네트론 스퍼터링에 의해 257nm 인 파장을 갖는 검사 광에 대한 저반사층으로서 TaBSiON 막을 형성하였다. 저반사층의 조성비 (at%) 는 실시예 1 에서와 동일한 방식으로 측정하였고, 그

결과, Ta:B:Si:N:O=40:3:10:10:37 이었다.

[0211] TaBSiON 막의 성막 조건들은 다음과 같다.

[0212] (TaBSiON 막의 성막 조건들)

[0213] 타깃: TaBSi 타깃 (조성비: Ta 80at%, B 10at%, Si 10at%)

[0214] 스퍼터링 가스: Ar, $N_2$ 및 $O_2$ 혼합 가스 (Ar: 60vol%, $N_2$: 20vol%, $O_2$: 20vol%, 가스 압력: 0.3Pa)

[0215] 인가된 전력: 150W

[0216] 성막 속도: 0.18nm/sec

[0217] 막 두께: 10nm

[0218] 위의 절차에 의해 획득된 EUV 마스크 블랭크 내의 저반사층에 대하여 다음의 평가 (5) 및 평가 (6) 를 수행하였다.

[0219] (5) 반사 특성 (콘트라스트 평가)

[0220] 실시예 1 에서는, 보호층 (13) (Ru 층) 을 형성한 후, 분광광도계 (spectrophotometer) 에 의해 보호층 (13) 표면 상에서의 패턴 검사 광 (파장 257nm) 에 대한 반사율을 측정하였다. 또한, 실시예 2 에서는, 저반사층 (15) (TaBSiON) 을 형성한 후, 저반사층 표면 상에서의 패턴 검사 광에 대한 반사율을 측정하였다. 따라서, 보호층 (13) 표면 상에서의 반사율은 60.0% 이고, 저반사층 (15) 표면 상에서의 반사율은 6.9% 이었다. 콘트라스트는 위의 결과들 및 상술된 공식으로부터 판별되었고, 그 결과, 79.4% 이었다.

[0221] 획득된 EUV 마스크 블랭크 (1) 에 대해서, EUV 광 (파장 13.5nm) 을 이용하여 저반사층 (15) 을 조사하여 EUV 광에 대한 반사율을 측정하였다. 그 결과, EUV 광에 대한 반사율은 0.4% 이었고, EUV 마스크 블랭크 (1) 는 EUV 흡수 특성이 우수한 것이 확인되었다.

[0222] (6) 에칭 특성

[0223] 에칭 특성들은 위의 절차에 의해 준비된 EUV 마스크 블랭크를 이용한 평가대신 다음의 방법으로 평가되었다.

[0224] RF 플라즈마 에칭 장치의 샘플 지지대 (4 인치 석영 기판) 상에 샘플들로서 다음의 방법으로 Ru 막 또는 TaBSiN 막이 각각 성막된 Si 칩들 (10mm×30mm) 을 배치하였다. 이러한 상태에서, 샘플 지지대 상에 배치된 Si 칩의 TaBSiN 막 상의 Ru 막에 대해 다음의 조건하에서 플라즈마 RF 에칭을 수행하였다.

[0225] 바이어스 RF: 50W

[0226] 에칭 시간: 120 초

[0227] 트리거 압력: 3Pa

[0228] 에칭 압력: 1Pa

[0229] 에칭 가스: $Cl_2$/Ar

[0230] 가스 유량 ($Cl_2$/Ar): 20/80sccm

[0231] 전극 기판들 간의 거리: 55mm

[0232] 이온 빔 스퍼터링에 의해 다음의 조건하에서 Ru 막의 성막을 수행하였다.

[0233] (Ru 막의 성막 조건들)

[0234] 타깃: Ru 타깃

[0235] 스퍼터링 가스: Ar 가스 (가스 압력: 2mTorr, 유량: 15sccm)

[0236] 출력: 150W

[0237] 성막 속도: 0.023nm/sec

[0238] 막 두께: 2.5nm

[0239] T a B S i N 막은, 마그네트론 스퍼터링에 의해 질소 분위기에서 TaB 타깃과 Si 타깃을 동시에 방전시킴으로써 성막되었다. 성막은 다음의 3 종류의 조건들 중 하나로 실시되었다.

[0240] (TaBSiN 막의 성막 조건 (1))

[0241] 타깃: TaB 타깃 (조성비: Ta 80at%, B 20at%), Si 타깃

[0242] 스퍼터링 가스: Ar 및 $N_2$ 혼합 가스 (Ar: 86vol%, $N_2$: 14vol%, 가스 압력: 2mTorr)

[0243] 출력: 150W (TaB 타깃), 30W (Si 타깃)

[0244] 성막 속도: 0.13nm/sec

[0245] 막 두께: 60nm

[0246] (TaBSiN 막의 성막 조건 (2))

[0247] 타깃: TaB 타깃 (조성비: Ta 80at%, B 20at%), Si 타깃

[0248] 스퍼터링 가스: Ar 가스, $N_2$ 가스 (Ar: 86vol%, $N_2$: 14vol%, 가스 압력: 2mTorr)

[0249] 출력: 150W (TaB 타깃), 50W (Si 타깃)

[0250] 성막 속도: 0.12nm/sec

[0251] 막 두께: 60nm

[0252] (TaBSiN 막의 성막 조건 (3))

[0253] 타깃: TaB 타깃 (조성비: Ta 80at%, B 20at%), Si 타깃

[0254] 스퍼터링 가스: Ar 가스, $N_2$ 가스 (Ar: 86vol%, $N_2$: 14vol%, 가스 압력: 2mTorr), 유량: 13sccm (Ar), 2sccm ($N_2$))

[0255] 출력: 150W (TaB 타깃), 100W (Si 타깃)

[0256] 성막 속도: 0.11nm/sec

[0257] 막 두께: 60nm

[0258] 위의 조건들 하에서 성막된 Ru 막과 TaBSiN 막 (1) 내지 TaBSiN 막 (3) 에 대해 에칭 속도들을 획득하여 다음의 공식을 이용한 에칭 선택비를 결정하였다.

[0259] 에칭 선택비 = (TaBSiN 막의 에칭 속도) / (Ru 막의 에칭 속도)

[0260] 보호층 (13) 에 대한 에칭 선택비는 10 이상이 바람직하고, TaBSiN 막 (1) 내지 TaBSiN 막 (3) 의 에칭 선택비는 다음과 같았고, 임의의 막에 대해 충분한 선택비를 획득하였다.

[0261] TaBSiN 막 (1): 10.0

[0262] TaBSiN 막 (2): 12.3

[0263] TaBSiN 막 (3): 13.9

[0264] 비교예 1

[0265] 흡수체층이 규소 (Si) 를 함유하지 않은 탄탈/붕소 합금의 질화물인 막인 것을 제외하고 실시예 1 과 동일한 방식으로 비교예 1 을 실시하였다. TaBN 막은 TaB 타깃 (Ta:B = 80at% : 20at%) 을 이용하여 다음의 조건들 하에서 성막하였다.

[0266] (TaBN 층의 성막 조건들)

[0267] 타깃: TaB 타깃 (조성비: Ta 80at%, B 20at%)

[0268] 스퍼터링 가스: Ar 가스, $N_2$ 가스 (Ar: 86vol%, $N_2$: 14vol%, 가스 압력: 0.3Pa)

[0269] 인가된 전력: 150W

[0270] 성막 속도: 0.1nm/sec

[0271] 막 두께: 60nm

[0272] 획득된 TaBN 막의 조성 (at%) 은 X-선 광전자 분광기 (X-ray photoelectron spectrometer) 를 이용하여 측정되었고, 그 결과, Ta:B:N=50:4:46 이었다.

[0273] 획득된 TaBN 막의 결정 구조는 X-선 회절장치에 의해 확인되었고, 그 결과, 그 획득된 회절 피크에서 샤프한 피크를 보았기 때문에 TaBN 층은 결정인 것으로 확인되었다.

[0274] TaBN 막의 표면의 표면 거칠기는 원자력간 현미경에 의해 확인되었고, 그 결과 0.5nm rms 이었으며, 표면 거칠기는 실시예 1 의 흡수체층 (TaBSiN 층) 과 비교해 컸다.

[0275] 성막 조건들의 최적화는 위의 TaB 타깃을 이용하여 실시되었으나, 막마다 5at% 미만의 B 함유율을 가졌고, 아몰퍼스 구조를 갖는 TaBN 막을 획득할 수 없었다.

[0276] 비교예 2

[0277] 흡수체층이 규소 (Si) 를 함유하지 않은 탄탈/붕소 합금의 질화물인 막인 것을 제외하고 실시예 1 과 동일한 방식으로 비교예 2 를 실시하였다. TaBN 막은 TaB 타깃 (Ta:B = 50at% : 50at%) 을 이용하여 다음의 조건들하에서 성막되었다.

[0278] (TaBN 층의 성막 조건들)

[0279] 타깃: TaB 타깃 (조성비: Ta 50at%, B 50at%)

[0280] 스퍼터링 가스: Ar 가스, $N_2$ 가스 (Ar: 86vol%, $N_2$: 14vol%, 가스 압력: 0.3Pa)

[0281] 인가된 전력: 150W

[0282] 성막 속도: 0.07nm/sec

[0283] 막 두께: 60nm

[0284] 획득된 TaBN 막의 조성 (at%) 은 X-선 광전자 분광기를 이용하여 측정되었고, 그 결과, B 함유율은 5% 이상이었다.

[0285] 성막 후의 TaBN 막의 결정 구조는 X-선 회절장치에 의해 확인되었고, 그 결과, 그 획득된 회절 피크에서 샤프한 피크를 보지 못했기 때문에 그 흡수체층은 아몰퍼스 구조나 미세결정 구조인 것으로 확인되었다.

[0286] 또한, 성막 후의 TaBN 막의 표면의 표면 거칠기는 원자력간 현미경에 의해 확인되었고, 그 결과 0.2nm rms 이었다.

[0287] 또한, 실시예 1 과 동일한 방식으로, 보호층 (13) (Ru 층) 표면 상에서와 TaBN 층 표면 상에서의 패턴 광 (파장 257nm) 에 대한 반사율을 측정하였다. 그 결과, 보호층 (13) 표면 상에서의 반사율은 60.0% 이었고, TaBN 층 표면 상에서의 반사율은 9.9% 이었다. 콘트라스트는 위의 결과들과 상술한 공식으로부터 판별되었고, 그 결과, 71.7% 이었으며, 실시예 1 에 비해 콘트라스트는 낮았다.

[0288] 위와 동일한 절차로 TaBN 막에 대해 에칭 특성들을 평가하였다. 따라서, TaBN 막의 에칭 선택비는 12.8 이었다.

[0289] 비교예 2 의 TaBN 층의 성막 속도는 실시예 1 의 성막 속도에 대해 약 2/3 이었고, 상대적으로 낮았다. 또한, 재생산성을 확인하기 위하여, 비교예 2 의 조건들 하에서 수차례 성막을 수행하였으나, 방전이 불안정하고, 몇몇 경우들에서 성막을 실시하지 못하였고, 또한 막 조성이나 막 두께를 제어하는 것이 매우 어려웠다.

[0290] 비교예 3

[0291] TaBSiN 층 내의 B 함유율이 1at% 미만인 것을 제외하고 실시예 1 과 동일한 방식으로 비교예 3 을 실시한다.

[0292] 획득된 TaBSiN 층의 결정 구조는 X-선 회절 장치에 의해 확인되었고, 그 결과, 그 획득된 회절 피크에서 샤프한 피크가 보여지기 때문에 TaBSiN 층은 결정인 것으로 확인된다.

[0293] 비교예 4

[0294] TaBSiN 층 내의 B 함유율이 5at% 를 초과하는 것을 제외하고 실시예 1 과 동일한 방식으로 비교예 4 를 실시한다.

[0295] 비교예 4 에서는, TaBSiN 층의 성막 속도는 실시예 1 에 비교하여 현저하게 낮다. 또한, 재생산성을 확인하기 위하여, 비교예 4 의 조건들 하에서 수차례 성막을 실시하여, 불안정한 방전에 의해 성막을 수행할 수 없는 경우가 있거나 막 조성이나 막 두께를 제어하는 것이 매우 어렵다.

[0296] 비교예 5

[0297] TaBSiN 층 내의 Si 함유율이 1% 미만인 것을 제외하고 실시예 1 과 동일한 방식으로 비교예 5 를 실시한다.

[0298] 획득된 TaBSiN 층의 결정 구조는 X-선 회절 장치에 의해 확인되고, 그 결과, 그 획득된 회절 피크에서 샤프한 피크가 보이기 때문에 TaBSiN 층은 결정질인 것으로 확인된다.

[0299] 비교예 6

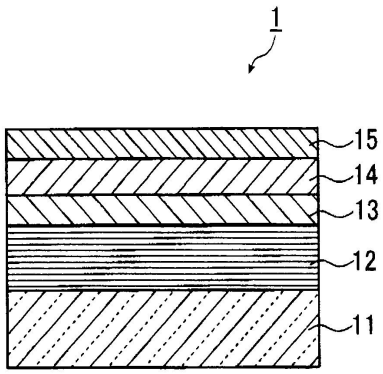
[0300] TaBSiN 층의 Si 함유율이 25% 를 초과하는 것을 제외하고 실시예 1 과 동일한 방식으로 비교예 6 을 실시한다.

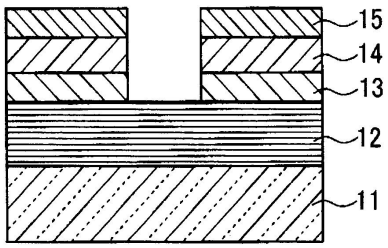
[0301] 획득된 TaBSiN 층의 표면의 EUV 광 반사율은 측정되고, 그 결과는 0.8% 이며, 흡수체층은 실시예 1 의 흡수체층에 비해 EUV 광 흡수 특성이 열등한 것이 확인된다.

[0302] 상세한 설명, 청구범위, 도면 및 요약서를 포함하며, 2006년 04월 21 일 출원된 일본 특허 출원 제 2006-117992 호의 전체 개시물은 전체로 본 명세서에 참조로서 결합된다.

## 도면

### 도면1




### 도면2