



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년08월04일  
(11) 등록번호 10-2285099  
(24) 등록일자 2021년07월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 1/58 (2012.01) G03F 1/22 (2012.01)  
G03F 1/52 (2012.01) G03F 1/60 (2012.01)  
(52) CPC특허분류  
G03F 1/58 (2013.01)  
G03F 1/22 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0002429  
(22) 출원일자 2020년01월08일  
심사청구일자 2020년01월08일  
(65) 공개번호 10-2021-0089362  
(43) 공개일자 2021년07월16일  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020150056435 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
주식회사 에스앤에스텍  
대구광역시 달서구 호산동로 42 (호림동)  
(72) 발명자  
신철  
대구광역시 달서구 호산동로 42 (호림동)  
이종화  
대구광역시 달서구 호산동로 42 (호림동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
허성원, 이동욱, 서동현

전체 청구항 수 : 총 10 항

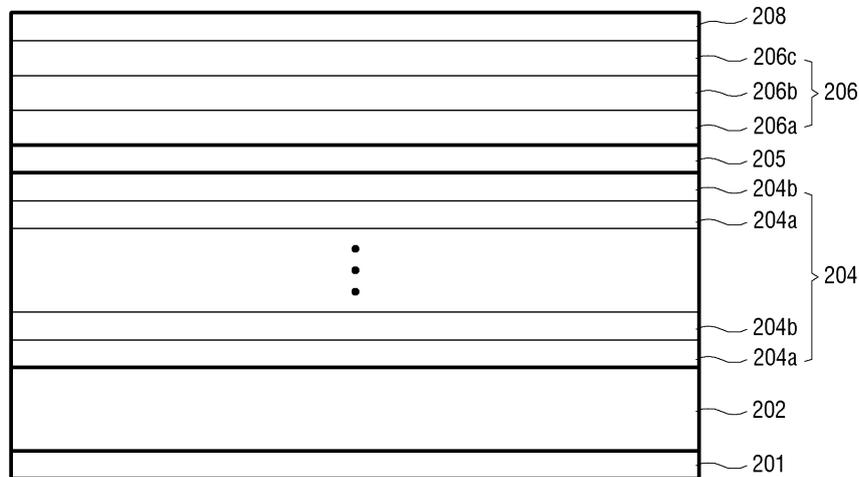
심사관 : 민경구

(54) 발명의 명칭 극자외선용 반사형 블랭크 마스크 및 포토마스크

(57) 요약

EUV 용 블랭크마스크는, 기판 상에 적층된 반사막, 및 반사막 상에 적층된 흡수막을 포함한다. 흡수막은 최상부 층 및 그 하부의 복수의 층으로 구성된다. 최상부층은 Ta 와 O 를 포함한다. 복수의 층은 Ta 를 포함하고 또한 상방으로 갈수록 N 의 함량이 증가되도록 구성된다. 이에 따라 흡수막 패턴의 CD 편차가 최소화된다.

대표도 - 도4



(52) CPC특허분류

*G03F 1/52* (2013.01)

*G03F 1/60* (2013.01)

(72) 발명자

**양철규**

대구광역시 달서구 호산동로 42 (호림동)

**공길우**

대구광역시 달서구 호산동로 42 (호림동)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020170021191 A\*

KR1020130034634 A

KR1020190136960 A

KR1020180127197 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

삭제

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

기관, 상기 기관상에 형성된 반사막, 및 상기 반사막상에 형성된 흡수막을 포함하며,

상기 흡수막은 최상부층 및 상기 최상부층 하부의 복수의 층으로 구성되며,

상기 복수의 층은 Ta 를 포함하고 또한 상방으로 갈수록 N 의 함량이 증가되도록 구성되고,

상기 복수의 층은 상기 반사막상에 형성된 제1층, 및 상기 제1층상에 형성된 제2층을 포함하고,

상기 제1층은 상기 제2층보다 두꺼우며,

상기 제1층은 Ta : N = 60at% : 40at% ~ 100at% : 0at% 의 비율을 가지며, 상기 제2층은 Ta : N = 59at% : 41at% ~ 90at% : 10at% 의 비율을 가지며,

상기 제2층은 상기 제1층보다 N 의 함량이 1-20at% 높도록 구성되는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 7**

제 6 항에 있어서,

상기 제2층은 1~5nm 의 두께를 가지며, 상기 제1층과 상기 제2층은 두께의 합이 40nm 이상인 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 8**

삭제

**청구항 9**

삭제

**청구항 10**

기관, 상기 기관상에 형성된 반사막, 및 상기 반사막상에 형성된 흡수막을 포함하며,

상기 흡수막은 최상부층 및 상기 최상부층 하부의 복수의 층으로 구성되며,  
 상기 복수의 층은 Ta 를 포함하고 또한 상방으로 갈수록 N 의 함량이 증가되도록 구성되고,  
 상기 복수의 층은 상기 반사막상에 형성된 제1층, 및 상기 제1층상에 형성된 제2층을 포함하고,  
 상기 제2층은 상기 제1층보다 두꺼우며,  
 상기 제1층은 Ta : N = 61at% : 39at% ~ 100at% : 0at% 의 비율을 가지며, 상기 제2층은 Ta : N = 60at% : 40at% ~ 99at% : 1at% 의 비율을 갖고,  
 상기 제2층은 상기 제1층보다 N 의 함량이 1~20at% 높도록 구성되는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,  
 상기 제1층은 5nm 이상의 두께를 가지며, 상기 제1층과 상기 제2층은 두께의 합이 40nm 이상인 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 12**

삭제

**청구항 13**

삭제

**청구항 14**

제 6 항 또는 제 10 항에 있어서,  
 상기 최상부층은 산소(O)를 포함하며 상기 복수의 층들은 산소(O)를 포함하지 않는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,  
 상기 최상부층은 2~5nm 의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 16**

제 15 항에 있어서,  
 상기 최상부층은 상기 복수의 층들에 대해 불소계 식각물질에서 5 이상의 식각선택비를 갖는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 17**

제 6 항 또는 제 10 항에 있어서,  
 상기 반사막은 Mo층과 Si층이 교대로 배치된 구조를 갖는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 18**

제 6 항 또는 제 10 항에 있어서,  
상기 기관의 후면에 형성되는 도전막을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 용 블랭크마스크.

**청구항 19**

제 6 항 또는 제 10 항에 따른 블랭크마스크를 이용하여 제작된 포토마스크.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 반도체 제조에 사용되는 극자외선(이하 EUV : Extreme Ultra Violet) 광을 노광광으로 사용하는 EUV 용 블랭크마스크에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 반도체 회로 패턴의 미세화를 위하여 노광광으로서 13.5nm 의 극자외선(EUV : Extreme Ultra-Violet)의 사용이 추구하고 있다. EUV 를 이용하여 기관에 회로패턴을 형성하기 위한 포토마스크의 경우 노광광을 반사시켜 웨이퍼에 조사하는 반사형 포토마스크가 주로 사용된다. 도 1 은 반사형 포토마스크의 제작을 위한 반사형 블랭크마스크의 일 예를 도시한 도면이다.

[0004] 도 1 에 도시된 바와 같이, EUV 용 반사형 블랭크마스크는 기관(102), 기관(102) 위에 형성된 반사막(104), 반사막(104) 위에 형성된 흡수막(106), 및 흡수막(106) 위에 형성된 레지스트막(108)을 포함하여 구성된다. 반사막(104)은 예컨대 몰리브덴(Mo) 재질로 형성된 Mo층과 실리콘 재질로 형성된 Si층이 교대로 수십 회 적층된 구조로 형성되며, 입사되는 노광광을 반사시키는 기능을 한다. 흡수막(106)은 통상적으로 TaBN 재질로 구성된 하부층(106a)과 TaBON 재질로 구성된 상부층(106b)의 2층 구조를 가지며, 입사된 노광광을 흡수하는 역할을 한다. 레지스트막(108)은 흡수막(106)을 패터닝하기 위해 사용된다. 흡수막(106)이 소정의 형상으로 패터닝됨에 따라 블랭크마스크가 포토마스크로 제작되며, 포토마스크에 입사되는 EUV 노광광은 흡수막(106)의 패턴에 따라 흡수 또는 반사된 후 반도체 웨이퍼상에 조사된다.

[0005] 도 2 및 도 3 은 도 1 의 블랭크마스크를 이용하여 제작된 포토마스크에서 흡수막(106)을 패터닝하여 얻어진 하나의 흡수막 패턴을 도시한 도면이다.(도 2 및 3 에서, 도 1 의 흡수막(106)의 각 층(106a, 106b)의 패턴들에 대해 각 층(106a, 106b)과 동일한 도면부호로 표기하였다.)

[0006] 도 2 에 도시된 바와 같이, 레지스트막(108)의 패턴을 이용하여 흡수막(106)을 식각함으로써 제작된 흡수막 패턴(106a, 106b)은 그 측면이 경사지게 된다. 이는 흡수막(106)이 식각 가스에 노출되는 시간이 흡수막(106)의 상부로 갈수록 크기 때문이다. 경사가 클수록 흡수막 패턴(106a, 106b)의 하부층(106a)에서 하부의 두께(t1)가 상부 두께(t2)보다 커지게 된다. 또한 하부층(106b)의 하부에는 풋팅(footing)이 형성된다. 이러한 현상에 의하여 설계(design)된 CD(critical demension)와의 차이가 발생하여, 이 때문에 포토마스크에 의해 제작되는 회로 패턴의 정밀도가 저하된다.

[0007] 상기 풋팅 문제를 해결하기 위해 도 1 의 블랭크마스크에서 흡수막(106)의 하부층(106a)의 식각 속도를 빠르게 구성하는 방법이 제안되었다. 그러나, 도 3 에 도시된 바와 같이, 하부층(106a)의 식각 속도가 빠를 경우에는 하부층(106a)의 상부, 즉 하부층(106a) 중 상부층(106b)에 접하는 부분에서 Skew 가 나타난다. 이러한 현상에 의하여, 마스크 패턴의 이미지 감도(Image Contrast)가 감소하여, 포토마스크에 의해 제작되는 회로 패턴 정밀도가 저하된다. 따라서 흡수막 패턴의 Profile 을 수직화 하는 방안이 필요하다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 본 발명은 상기의 문제점을 해결하고자 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은 흡수막 패턴의 CD 편차가 최소화될 수 있는 EUV 용 블랭크마스크를 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0011] 삭제
- [0012] 삭제
- [0013] 삭제
- [0014] 삭제
- [0015] 삭제
- [0016] 삭제
- [0017] 삭제
- [0018] 삭제
- [0019] 삭제
- [0020] 삭제

[0021] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 EUV 용 블랭크마스크는, 기판, 상기 기판상에 형성된 반사막, 및 상기 반사막상에 형성된 흡수막을 포함하며, 상기 흡수막은 최상부층 및 상기 최상부층 하부의 복수의 층으로 구성되며, 상기 복수의 층은 Ta 를 포함하고 또한 상방으로 갈수록 N 의 함량이 증가되도록 구성된다.

상기 복수의 층은 상기 반사막상에 형성된 제1층, 및 상기 제1층상에 형성된 제2층을 포함하여 구성될 수 있다.

상기 제1층 및 상기 제2층은 각각 1~50nm 의 두께를 갖는다.

상기 흡수막은 Pt, Ni, Cr, Mo, V, Co, Ag, Sb, Bi, Co, Sn, Te, Zr, Si, Nb, Pd, Zn, Al, Mn, Cd, Se, Cu, Hf, W 중 하나 이상의 물질을 추가로 포함할 수 있다.

상기 흡수막은 C, B, H 중 하나 이상의 물질을 추가로 포함할 수 있다.

상기 제1층은 상기 제2층보다 두꺼운 두께를 갖도록 구성될 수 있다. 이때, 상기 제2층은 1~5nm 의 두께를 가지며, 상기 제1층과 상기 제2층은 두께의 합이 40nm 이상이 되도록 구성된다. 상기 제1층은 Ta : N = 60at% : 40at% ~ 100at% : 0at% 의 비율을 가지며, 상기 제2층은 Ta : N = 59at% : 41at% ~ 90at% : 10at% 의 비율을 갖는다. 상기 제2층은 상기 제1층보다 N 의 함량이 1~20at% 높도록 구성된다.

상기 제2층은 상기 제1층보다 두꺼운 두께를 갖도록 구성될 수 있다. 이때, 상기 제1층은 5nm 이상의 두께를 가지며, 상기 제1층과 상기 제2층은 두께의 합이 40nm 이상이 되도록 구성된다. 상기 제1층은 Ta : N = 61at% : 39at% ~ 100at% : 0at% 의 비율을 가지며, 상기 제2층은 Ta : N = 60at% : 40at% ~ 99at% : 1at% 의 비율을 갖는다. 상기 제2층은 상기 제1층보다 N 의 함량이 1~20at% 높도록 구성된다.

바람직하게는, 상기 최상부층은 산소(O)를 포함하며 상기 복수의 층들은 산소(O)를 포함하지 않도록 구성된다.

이때, 상기 최상부층은 2~5nm 의 두께를 갖는다. 상기 최상부층은 상기 복수의 층들에 대해 5 이상의 식각선택비를 갖는다.

상기 반사막은 Mo층과 Si층이 교대로 배치된 구조를 갖는다.

상기 기판의 후면에는 도전막이 형성된다.

본 발명에 따르면, 상기와 같은 구성을 갖는 블랭크마스크를 이용하여 제작된 포토마스크가 제공된다.

**발명의 효과**

[0023] 본 발명에 따르면, 흡수막 패턴의 CD 편차가 최소화될 수 있는 EUV 용 블랭크마스크가 제공된다.

**도면의 간단한 설명**

[0025] 도 1 은 종래의 일반적인 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 개략적으로 도시한 도면.

도 2 및 도 3 은 도 1 의 블랭크마스크를 이용하여 제작된 포토마스크의 흡수막 패턴을 도시한 도면.

도 4 는 본 발명에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 도시한 도면.

도 5 는 도 4 의 제 1 변형예에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 도시한 도면.

도 6 은 도 4 의 제 2 변형예에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 도시한 도면.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0026] 이하에서는, 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 통하여 본 발명을 구체적으로 설명하지만, 실시예는 단지 본 발명의 예시 및 설명을 하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로, 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 실시예로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술력 보호범위는 특허청구범위의 기술적 사항에 의해 정해져야 할 것이다.

[0028] 도 4 는 본 발명에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 도시한 도면이다.

[0029] 본 발명에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크는 기판(202), 기판(202) 위에 형성된 반사막(204), 반사막(204) 위에 형성된 흡수막(206), 및 흡수막(206) 위에 형성된 레지스트막(208)을 구비한다. 또한 본 발명의 블랭크마스크는, 기판(202)의 후면에 형성된 도전막(201), 및 반사막(204)과 흡수막(206) 사이에 형성된 캡핑막(205)을 추가적으로 구비한다.

[0030] 기판(202)은 EUV 노광광을 이용하는 반사형 블랭크마스크용 글래스 기판으로서 적합하도록 노광 시의 열에 의한 패턴의 변형 및 스트레스를 방지하기 위해  $0 \pm 1.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  범위 내의 저 열팽창 계수를 가지며, 바람직하게는  $0 \pm 0.3 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$  범위 내의 저 열팽창 계수를 갖는 LTEM(Low Thermal Expansion Material) 기판으로 구성된다. 기판(202)의 소재로서는 SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>계 유리, 다성분계 유리 세라믹 등을 이용할 수 있다.

[0031] 기판(202)은 노광 시 반사광의 정밀도를 높이기 위하여 높은 평탄도(Flatness)가 요구된다. 평탄도는 TIR(Total Indicated Reading) 값으로 표현되고, 기판(202)은 낮은 TIR 값을 갖는 것이 바람직하다. 기판(202)의 평탄도는 132mm<sup>2</sup> 영역 또는 142mm<sup>2</sup> 영역에서 100nm 이하, 바람직하게는 50nm 이하이다.

[0032] 반사막(204)은 EUV 노광광을 반사하는 기능을 가지며, 각 층의 굴절률이 상이한 다층막 구조를 갖는다. 구체적으로는, 반사막(204)은 Mo 재질로 형성된 Mo층(204a)과 Si 재질로 형성된 Si층(204b)을 교대로 40 내지 60 회 적층하여 형성한다. 반사막(204)은 이미지 감도(Image Contrast)를 좋게 하기 위하여 13.5nm 파장에 대한 높은 반사율이 요구되는데, 이러한 반사막의 반사 강도(Reflection Intensity)는 노광광의 입사 각도 및 각 층의 두께에 따라 달라지게 된다. 예를 들어, 노광광의 입사 각도가 5~6° 일 경우, Mo 층 및 Si 층이 각각 2.8nm, 4.2nm의 두께로 형성되는 것이 바람직하나, High NA(Numerical Aperture) 공법 적용을 위한 렌즈의 확대에 입사 각도가 8~14° 로 넓어질 경우에는 입사 각도에 최적화된 반사 강도를 가지기 위하여 Mo층(204a)은 2~4nm, Si층(204b)은 3~5nm의 두께로 형성될 수 있다.

[0033] 반사막(204)은 13.5nm 의 EUV 노광광에 대하여 65% 이상의 반사율을 갖는 것이 바람직하다.

- [0034] 반사막(204)은 표면 TIR 이 1,000nm 이하의 값을 가지며, 바람직하게는 500nm 이하, 더욱 바람직하게는 300nm 이하의 값을 갖는다. 반사막(204)의 표면 평탄도가 나쁜 경우 EUV 노광광이 반사되는 위치의 에러를 유발하며, 위치 에러가 높을수록 CD(Critical Dimension) 위치 에러(Position Error)를 유발한다.
- [0035] 반사막(204)은 EUV 노광광에 대한 난반사를 억제하기 위하여 표면 거칠기(Surface Roughness)가 0.5nmRa 이하, 바람직하게는 0.3nmRa 이하, 더욱 바람직하게는 0.1nmRa 이하의 값을 갖는다.
- [0036] 캡핑막(205)은 반사막(204) 상에 형성되어 흡수막(206)의 패터닝을 위한 드라이 에칭(Dry Etching) 공정 또는 세정(Cleaning) 공정 시 하부의 반사막(204)을 보호하는 역할을 한다. 캡핑막(104)은 Ru 를 포함하는 재료로 형성된다.
- 흡수막(206)은 캡핑막(205)상에 형성되며 노광광을 흡수하는 역할을 한다. 구체적으로는, 흡수막(206)은 13.5 nm 파장의 EUV 노광광에 대해 10% 이하의 반사율, 바람직하게는 1~8%의 반사율을 가지며, 이에 따라 노광광의 대부분을 흡수한다. 흡수막(206)은 13.5nm 파장의 EUV 노광광에 대하여 0.03 이상의 소멸계수(k)를 갖는 것이 바람직하다. 흡수막(206)은 55nm 이하의 두께를 가진다.
- [0037] 흡수막(206)은 복수의 층으로 구성된다. 도 4의 실시예에서, 흡수막(206)은 최상부층을 구성하는 제3층(206c) 및 그 하부의 복수의 층으로 구성되어 있다. 제3층(206c) 하부의 복수의 층은 제1층(206a)과 제2층(206b)으로 구성된다. 제1층(206a)은 반사막(204)상에 형성되어 있고, 제2층(206b)은 제1층(206a)상에 형성되어 있다. 도 4의 실시예에서는 흡수막(206)이 세 개의 층으로 구성되어 있으나, 네 개 이상으로 구성될 수도 있다. 또한 각 층은 그 조성이 상이하거나 조성비가 상이한 복수의 서브층(sub-layers)들로 구성될 수 있다. 또한 본 실시예 및 이하의 실시예에서 제1층, 제2층, 제3층 등의 층은 각 층이 단일의 층으로 구성된 것만을 의미하지 않으며, 각 층이 복수의 서브층으로 구성되거나 각 층이 조성비가 연속적으로 변하는 연속막 형태의 층으로 구성된 예들을 포함한다. 또한, 이하의 설명에서 예컨대 질소의 함량이 복수의 층에 대해 상방으로 갈수록 증가된다는 기재는, 하나의 층 내에서의 각 서브층의 질소의 함량이 상방으로 갈수록 증가되거나 감소되거나 동일한 경우를 모두 포함한다. 이는 본원발명의 청구항에 대해서도 동일하게 적용되어 해석되어야 한다.
- [0038] 흡수막(206)은 Ta 를 포함하는 재료로 구성된다. 또한 흡수막(206)은 Pt, Ni, Cr, Mo, V, Co, Ag, Sb, Bi, Co, Sn, Te, Zr, Si, Nb, Pd, Zn, Al, Mn, Cd, Se, Cu, Hf, W 중 하나 이상의 물질을 추가로 포함하는 재료로 구성될 수 있다.
- [0039] 흡수막(206)은 질소(N)를 포함하는 재료로 구성된다. 이때 흡수막(206)을 구성하는 복수의 층(206a, 206b, 206c), 특히 제1층(206a)과 제2층(206b)은 질소(N)의 함량이 상방으로 갈수록 증가되도록 구성된다. 따라서, 제2층(206b)의 N의 함량이 제1층(206a)의 N의 함량보다 크다. Ta에 N이 포함될 경우, Cl<sub>2</sub>, SiCl<sub>4</sub>, CHCl<sub>3</sub> 등의 염소계 가스에 의한 식각 시 식각 속도는 N의 함량이 적을수록 커진다. 이에 따라 제1층(206a)은 제2층(206b)보다 식각 속도가 더 크다. 따라서, 흡수막(206)을 패터닝할 때 패턴의 경사가 수직에 가깝게 되어, 제1층(206a)의 패턴의 폭이 제2층(206b)의 패턴의 폭보다 커지는 현상이 방지된다. 이에 따라 CD 편차가 줄어들게 된다. 한편, 흡수막(206)의 각 층(206a~206c)은 탄소(C), 붕소(B), 수소(H) 중 하나 이상의 물질을 추가로 포함하여 구성될 수 있다.
- [0040] 한편, 흡수막(206)의 최상부 층인 제3층(206c)은 산소(O)를 포함하며, 제3층(206c)을 제외한 나머지 층은 O를 포함하지 않도록 구성된다. 제3층(206c)은 N을 포함하지 않을 수도 있다. Ta 재질에 O가 포함될 경우 제3층(206c)은 F<sub>2</sub>, SF<sub>6</sub>, CF<sub>4</sub> 등의 불소계 가스에 의해 식각되며, 따라서 제3층(206c)은 그 하부의 층(206b, 206a)에 대해 식각선택비(Etching Selectivity)를 갖는다. 바람직하게는 제3층(206c)은 그 하부의 층(206b, 206a)에 비해 5 이상의 식각선택비를, 더욱 바람직하게는 10 이상의 식각선택비를 갖는다.
- [0041] 제3층(206c)의 식각 물질이 그 하부의 층(206b, 206a)의 식각 물질과 상이하므로, 흡수막(206)은 제3층(206c)에 대한 1차 식각 공정과 제2층(206b) 및 제1층(206a)에 대한 2차 식각 공정의 2 단계 식각 공정을 통해 식각된다. 레지스트막(208)의 패턴을 이용하여 흡수막(206)을 식각하는 동안 레지스트막(208)이 점진적으로 손상되어, 레지스트막(208)이 흡수막(206) 식각을 위한 식각마스크의 기능을 정상적으로 수행하지 못할 수 있다. 이를 방지하기 위해 레지스트막(208)을 두껍게 형성할 경우에는 레지스트막(208)의 패턴의 정밀도가 저하되며, 이는 흡수막(206)의 패턴의 정밀도가 저하로 이어진다. 따라서, 본 발명에서는 흡수막(206)의 제3층(206c)을 레지스트막(208) 패턴을 이용하여 먼저 식각하여 흡수막(206)의 제3층(206c)의 패턴을 형성하고, 이 흡수막(206)의 제3층(206c)의 패턴을 레지스트막(208)의 패턴과 함께 식각마스크로 이용하여 흡수막(206)의 제2층(206b)과 제1층(206a)을 식각한다. 이와 같이 제3층(206c)이 식각마스크 역할을 함으로써, 레지스트막(208)을 얇게 형성하는

것이 가능하게 되어, 흡수막(206)의 패턴 정밀도가 증가한다. 제3층(206c)은 그 상부를 HMDS 처리와 같은 표면 처리를 함으로써 레지스트막(208)과의 접촉력을 향상시킬 수 있다.

[0042] 제1층(206a)과 제2층(206b)은 각각 1~50nm 의 두께로 형성될 수 있다. 그리고 제3층(206c)은 위와 같이 식각마스크의 기능을 하므로, 제1층(206a) 및 제2층(206b)보다는 얇은 두께인 2~5nm 의 두께를 갖도록 형성된다. 제3층(206c)의 두께가 2nm 이하인 경우에는 식각마스크로서의 기능을 하기 어려우며, 5nm 이상인 경우에는 원하는 광학 특성 확보를 위해 흡수막(206) 전체의 두께가 두꺼워져야 하는 문제점이 있다.

[0043] 흡수막(206)의 제3층(206c)은 산소(O)의 함유량이 50~90at% 인 Ta 화합물로 구성되는 것이 바람직하다. O의 함유량이 50at% 이하인 경우 그 하부의 TaN 재질에 대해 높은 식각선택비를 확보하기 어려우며, 불소계 식각 시 식각 속도가 감소하여 잔막이 형성될 수 있고, 이후 하부층(206b, 206a)을 염소계 가스로 식각 시 식각 속도가 현저하게 감소하는 문제가 발생한다.

[0044] 레지스트막(208)은 화학증폭형 레지스트(CAR: Chemically Amplified Resist)로 구성된다. 레지스트막(208)은 150nm 이하의 두께를 갖고, 바람직하게는 100nm 이하의 두께를 갖는다.

[0045] 도전막(201)은 기판(201)의 후면에 형성된다. 도전막(201)은 낮은 면저항 값을 가져 정전척(Electronic-Chuck)과 EUV 용 블랭크마스크의 밀착성을 향상시키며, 정전척과의 마찰에 의해 파티클이 발생하는 것을 방지하는 기능을 한다. 도전막(201)은 100Ω/□ 이하의 면저항을 가지며, 바람직하게는 50Ω/□ 이하, 더욱 바람직하게는 20Ω/□ 이하의 면저항을 갖는다. 도전막(201)은 단일막, 연속막, 또는 다층막의 형태로 구성될 수 있다. 도전막(201)은, 예를 들어, Cr 을 주성분으로 하여 형성될 수 있고, 2층의 다층막으로 구성되는 경우 하부층은 Cr 및 N 을 포함하고, 상부층은 Cr, N, 및 O 를 포함하여 형성될 수 있다.

[0046] 삭제

[0047] 상기와 같은 구성에 의하면, 흡수막(206)의 제1층(206a)과 제2층(206b)의 질소 함량이 상방으로 갈수록 증가하므로, 식각 속도가 하방으로 갈수록 증가한다. 이에 따라 흡수막(206)의 경사가 가파르게 되고 CD 편차가 줄어들게 된다.

[0048] 또한 흡수막(206)의 제3층(206c)이 그 하부의 층(206a, 206b)에 비해 식각선택비를 가지므로, 제3층(206c)이 그 하부의 층(206a, 206b)에 대한 식각마스크의 기능을 하게 된다. 따라서 보다 정밀한 패턴의 형성이 가능하게 된다.

[0050] 도 5 는 도 4 의 제 1 변형예에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 도시한 도면으로서, 흡수막의 제1층(306a) 및 제2층(306b)만을 도시한 도면이다. 도 5 에서 흡수막의 제1층(306a)과 제2층(306b)을 제외한 나머지 구성은 도시가 생략되어 있으며, 생략된 부분은 도 4 에 도시된 실시예와 동일한 구성을 갖는다.

[0051] 본 변형예에서, 제1층(306a)은 제2층(306b)보다 두꺼운 두께를 갖는다. 제1층(306a)과 제2층(306b)은 그 두께의 합이 40nm 이상이 되도록 구성된다. 두께의 합이 40nm 이하인 경우 원하는 반사율의 확보가 어렵다.

[0052] 제1층(306a)은 Ta : N = 60at% : 40at% ~ 100at% : 0at% 의 비율을 갖는다. 제1층(306a)의 Ta 의 함유량이 60at% 이하일 경우 EUV 노광광에 대해 낮은 반사율의 확보가 어렵다.

[0053] 제2층(306b)은 Ta : N = 59at% : 41at% ~ 90at% : 10at% 의 비율을 가진다. 제2층(306b)은 제1층(306a)보다 N의 함유량이 1~20at% 높도록 구성되는 것이 바람직하다. 제2층(306b)은 1~5nm 의 두께를 갖는다. 제2층(306b)은, 두께가 1nm 이하이거나, 제1층(306a)에 비해 N의 함유량 증가가 1at% 이하이거나, 또는 Ta 가 90% 이상인 경우, 흡수막의 측면 식각에 대한 CD 보정이 어렵다. 또한, 제2층(206b)은, 제1층(306a)에 비해 N 증가가 20at% 이상이거나, 또는 N의 조성이 41at% 이상인 경우, 낮은 식각 속도로 인하여 흡수막 식각 시 패턴 프로파일(Pattern Profile)이 나빠진다.

[0054] 삭제

[0055] 이러한 구성에 의하면, 전술한 바와 같이 흡수막의 패턴의 경사도 특성을 개선함과 동시에 부가적으로 흡수막의 측면에서의 skew 를 개선할 수 있다.

[0057] 도 6 는 도 4 의 제 2 변형예에 따른 EUV 용 반사형 블랭크마스크의 구조를 도시한 도면으로서, 흡수막의 제1층

(306a) 및 제2층(306b)만을 도시한 도면이다. 도 5 에서 흡수막의 제1층(406a)과 제2층(406b)을 제외한 나머지 구성은 도시가 생략되어 있으며, 생략된 부분은 도 4 에 도시된 실시예와 동일한 구성을 갖는다.

- [0058] 본 변형예에서, 제2층(406b)은 제1층(406a)보다 두꺼운 두께를 갖는다. 이때, 제1층(406a)과 제2층(406b)은 그 두께의 합이 40nm 이상인 것이 바람직하다. 두께의 합이 40nm 이하인 경우 원하는 반사율 확보가 어렵다. 또한 제1층(406a)은 5nm 이상의 두께를 가진다. 제1층(406a)의 두께가 5nm 이하인 경우 풋팅 개선이 어렵다.
- [0059] 제1층(306a)은 Ta : N = 61at% : 39at% ~ 100at% : 0at% 의 비율을 갖는다. 제1층(406a)의 Ta 의 함량이 60at% 이하일 경우 EUV 노광광에 대해 낮은 반사율의 확보가 어렵고, N 의 함량이 40at% 이상이 되므로 낮은 식각 속도로 인하여 풋팅 개선이 어렵다.
- [0060] 제2층(406b)은 Ta : N = 60at% : 40at% ~ 99at% : 1at% 의 비율을 갖는다. 제2층(406b)은 제1층(406a)보다 N 의 함량이 1~20at% 높도록 구성되는 것이 바람직하다. 제1층(405a)과 제2층(406b)의 N 의 함유량 차이가 1at% 이하인 경우 풋팅 개선이 어렵다. 제2층(406b)은 Ta 함량이 60at% 이하인 경우 원하는 반사율 확보가 어렵다.
- [0061] 이러한 구성에 의하면, 전술한 바와 같이 흡수막의 패턴의 경사도 특성을 개선함과 동시에 특히 제1층(406a)에서의 footing 발생을 방지할 수 있다.
- [0063] 이하에서는 본 발명의 구체적인 구현 예를 기술한다.
- [0064] EUV 용 블랭크 마스크는 SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub> 계 투명 기판(202)의 후면에 DC 마그네트론 반응성 스퍼터링 장비를 이용하여 Cr 을 주성분으로 하는 하부층과 상부층의 2층 구조를 갖는 도전막(201)을 형성하였다. 상·하부층의 도전막은 모두 Cr 타겟을 이용하여 형성하고, 하부층의 도전막은 공정 가스로 Ar : N<sub>2</sub> = 5sccm : 5sccm 을 주입하고, 공정 파워 1.4kW 를 사용하여 CrN 막으로 형성하였다. 도전막 하부층에 대하여 XRR 장비를 이용한 두께 측정 결과 51.0nm 의 두께로 측정되었다. 상부층의 도전막은 공정 가스로 Ar : N<sub>2</sub> : NO = 7sccm : 7sccm : 7sccm 을 주입하고, 공정 파워는 1.4kW 를 사용하여 CrON 막으로 형성하였다. 도전막 상부층에 대하여 XRR 장비를 이용한 두께 측정 결과 15.0nm 의 두께로 측정되었다. 도전막(201)의 면저항을 4-Point Probe 를 이용하여 측정한 결과 22.6Ω/□의 면저항값을 나타내어 정전 척과의 결합에 문제가 없고 도전막으로 사용하기에 문제가 없음을 확인하였다.
- [0065] 도전막(201)이 형성된 기판(202)의 전면에 Mo 와 Si 층을 교대로 적층하여 40층의 반사막(204)을 형성하였다. 증착 장비에 Mo 타겟, Si 타겟, B<sub>4</sub>C 타겟 그리고 C 타겟을 장착한 후, Ar 가스 분위기에서 Mo층, B<sub>4</sub>C층, Si층, C층 순서로 성막하여 형성하였다. 구체적으로는, 반사막(204)은 Mo층을 2.8nm, B<sub>4</sub>C층을 0.5nm, Si층을 4.2nm, C층을 0.5nm 로 성막하여 4개층을 1주기로 하여 40주기를 반복 성막하여 형성하였으며, 반사막(204)의 최종 표면은 표면 산화를 억제하기 위하여 C층을 제외하여 Si층이 되도록 형성하였다.
- [0066] 반사막(205)에 대한 반사율을 EUV Reflectometer 장비를 이용하여 13.5nm 에서 측정한 결과 66.2% 를 나타내었으며, 이후 AFM 장비를 이용하여 표면 거칠기를 측정한 결과 0.125nmRa 를 나타내었다.
- [0067] 반사막(204) 상에 증착 장비를 이용하고 Ru 타겟을 이용하여 질소 분위기에서 2.5nm 의 두께의 Ru 으로 이루어진 캡핑막(205)을 형성하였다. 캡핑막(205)의 형성 후 반사막(204)과 동일한 방법으로 반사율을 측정한 결과 13.5nm 의 파장에서 65.8%의 반사율을 나타내었다.
- [0068] 캡핑막(205) 상에 증착 장비를 이용하여 제1층(206a), 제2층(206b), 그리고 제3층(206c)으로 이루어진 3층 구조의 흡수막(206)을 형성하였다. 구체적으로는, 캡핑막(205) 상에 Ta 타겟을 이용하여, 공정 가스로 Ar : N<sub>2</sub> = 9sccm : 1sccm 를 주입하고, 공정 파워는 0.62kW 를 사용하여 흡수막(206)의 제1층(206a)을 형성하였다. 제1층(206a)에 대하여 XRR 장비를 이용한 두께 측정 결과 47.1nm 의 두께로 측정되었다. 제1층(206a) 상에 동일 타겟을 이용하여 공정 가스로 Ar : N<sub>2</sub> = 9sccm : 5sccm을 주입하고, 공정 파워는 0.62kW 를 사용하여 제2층(206b)을 형성하였다. 제2층(206b)에 대하여 두께 측정 결과 5.0nm 의 두께로 측정되었다. 이후 제2층(206b) 상에 동일 타겟을 이용하여 공정 가스로 Ar : N<sub>2</sub> : O<sub>2</sub> = 3sccm : 20sccm : 4.5sccm 을 주입하고, 공정 파워는 0.62kW 를 사용하여 TaON 막으로 이루어진 제3층(206c)을 형성하였다. 제3층(206c)에 대하여 두께 측정 결과 2.5nm 의 두께로 측정되었다.
- [0069] 이후 흡수막(206)에 대하여 AES(Auger Electron Spectroscopy) 장비를 이용하여 조성비를 확인한 결과 제1층(206a)에서는 Ta 함유량이 85.9%, N 함유량이 14.1%를 나타내었고, 제2층(206b)에서는 Ta 함유량이 62.0%, N

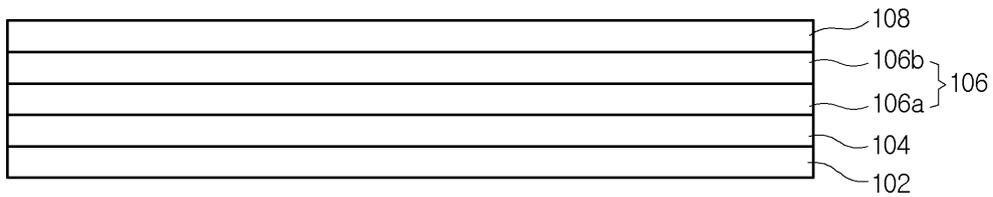
함유량이 38.2%를 나타내었다. 제3층(206c)의 경우 Ta 함유량이 9.2%, N 함유량이 13.8%, 그리고 O 함유량이 77.0% 를 나타내었다.

[0070] 상기 공정에서 형성된 흡수막(206)의 총 두께는 54.6nm 이고, 13.5nm 파장에 대하여 3.0%의 반사율을 나타내었으며 179°의 위상 변위를 보였다. 상기 결과는 흡수막(206)의 성막 조건 조절을 통하여 반사율 1~10% 범위, 위상차 170~190° 범위로 제어할수 있는 수준으로 판단된다.

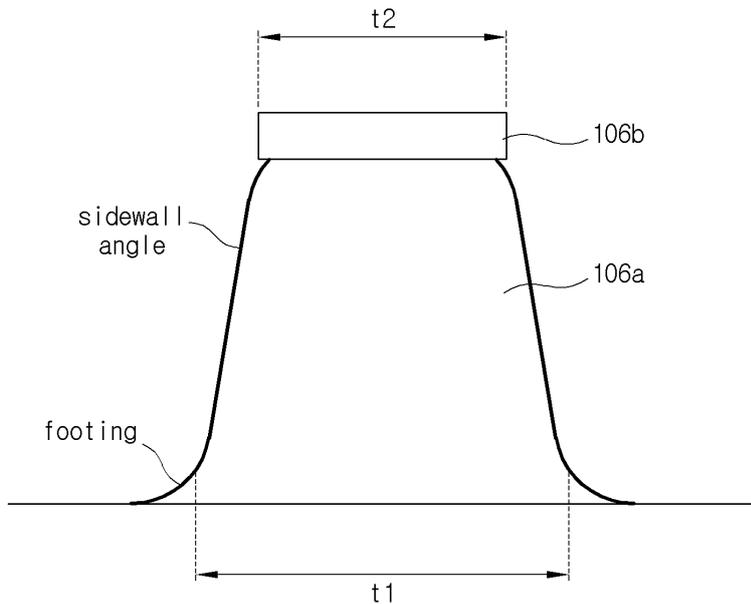
[0071] 이후, 흡수막(206) 상에 레지스트막(208)을 80nm 두께로 스핀 코팅하여 형성함으로써 극자외선용 블랭크 마스크의 제조를 완료하였다.

도면

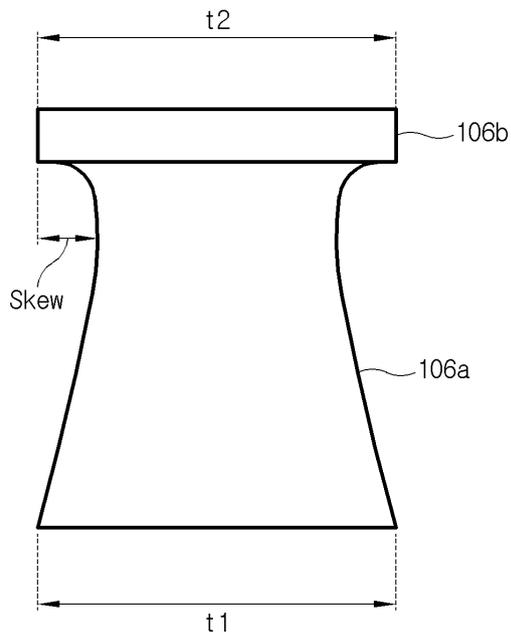
도면1



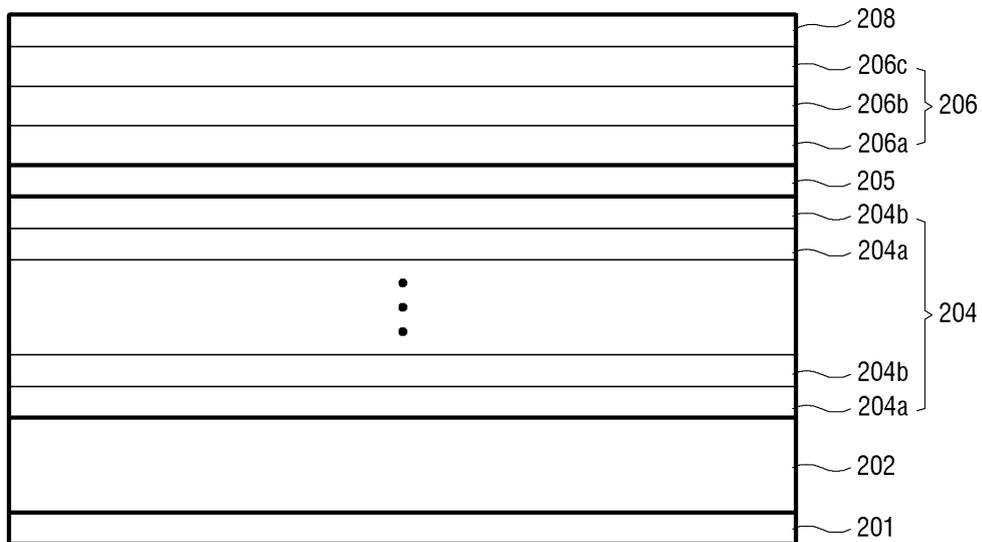
도면2



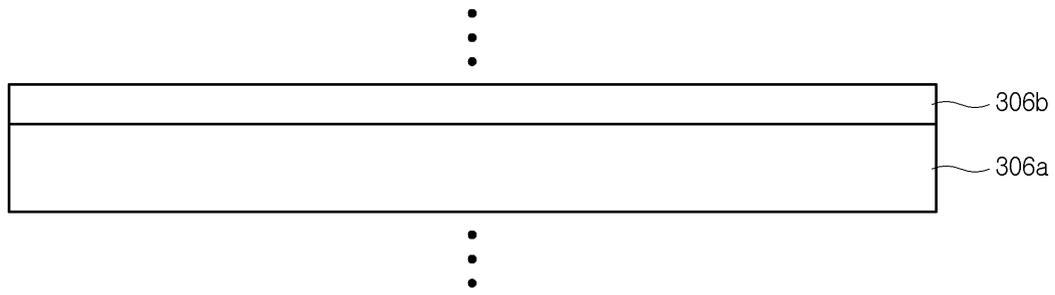
도면3



도면4



도면5



도면6

