(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월23일
(11) 등록번호 10-2697602
(24) 등록일자 2024년08월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/24 (2012.01) *C23C 14/34* (2006.01)
C23C 14/35 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 1/24 (2013.01)
C23C 14/3492 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0025416
(22) 출원일자 2021년02월25일
심사청구일자 2023년11월06일
(65) 공개번호 10-2021-0111688
(43) 공개일자 2021년09월13일
(30) 우선권주장
JP-P-2020-035517 2020년03월03일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020150103142 A*
JP2000309868 A*
KR1020130007533 A
JP2006091202 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 4반 1고
(72) 발명자
이나즈키, 유키오
일본 니가따껭 죠에쓰시 구비끼꾸 니시후꾸시마 28-1 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 신기노 자이료 기쥬쯔 겡뀨쇼 내
고사카, 다쿠로
일본 니가따껭 죠에쓰시 구비끼꾸 니시후꾸시마 28-1 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 신기노 자이료 기쥬쯔 겡뀨쇼 내
데라사와, 츠네오
일본 니가따껭 죠에쓰시 구비끼꾸 니시후꾸시마 28-1 신에쓰 가가꾸 고교 가부시끼가이샤 신기노 자이료 기쥬쯔 겡뀨쇼 내
(74) 대리인
장수길, 박보현

전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 민경구

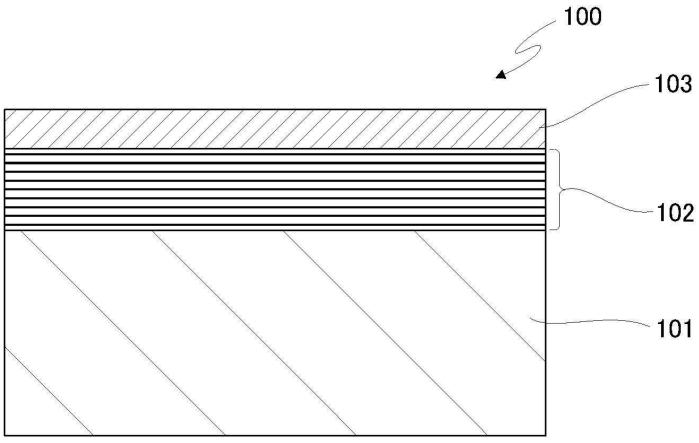
(54) 발명의 명칭 **반사형 마스크 블랭크의 제조 방법 및 반사형 마스크 블랭크**

(57) 요 약

[해결 수단] 기판과, 기판의 하나의 주표면 상에 형성된 다층 반사막 및 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막을 구비하고, 다층 반사막이, 서로 광학 특성이 다른 제1층 및 제2층이 교대로 각각 2층 이상 적층되어 이루어지는 반사형 마스크 블랭크에 있어서, 다층 반사막의 층의 형성을, 제1 단계와 제2 단계로 구성하고, 제1층의 형성 후의

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



제2층의 형성, 또는 제2층의 형성 후의 제1층의 형성에 있어서, 제1 단계의 스퍼터 압력을, 직전의 층의 형성 종료 시의 스퍼터 압력보다 높게, 또한 제2 단계의 스퍼터 압력보다 높게 하는 스퍼터법에 의해 형성하여, 다층 반사막의 파장 13 내지 14㎚의 극단 자외선(EUV)에 대한 입사각 6° 에서의 반사율이 65% 이상인 다층 반사막을 성막한다.

[효과] 반사형 마스크를 사용한 노광 시에, 노광광에 대하여 보다 높은 반사율을 부여하는 다층 반사막을 갖는 반사형 마스크 블랭크를, 높은 생산성으로 제조하여 제공할 수 있다.

(52) CPC특허분류
C23C 14/35 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판과, 해당 기판의 하나의 주표면 상에 형성된 다층 반사막 및 해당 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막을 구비하고, 상기 다층 반사막이, 서로 광학 특성이 다른 제1층 및 제2층이 교대로 각각 2층 이상 적층되어 이루어지는 반사형 마스크 블랭크를 제조하는 방법이며,

상기 다층 반사막을 구성하는 제1층 및 제2층을 교대로 스퍼터법에 의해 형성하는 공정을 포함하고,

상기 다층 반사막을 구성하는 제1층 및 제2층의 형성에 있어서, 각각의 층의 형성을, 형성 개시 시부터 소정의 두께에 도달할 때까지의 제1 단계와, 상기 소정의 두께에 도달한 후부터 형성 종료 시까지의 제2 단계로 구성하고,

제1층의 형성 후의 제2층의 형성, 또는 제2층의 형성 후의 제1층의 형성에 있어서, 제1 단계의 스퍼터 압력을 0.08Pa 이상, 제2 단계의 스퍼터 압력을 0.08Pa 미만으로 하고, 또한

제1 단계의 스퍼터 압력을, 직전의 층의 형성 종료 시의 스퍼터 압력보다 높게, 또한 제2 단계의 스퍼터 압력보다 높게 하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 단계에 있어서 형성되는 상기 소정의 두께가, 제1 단계 및 제2 단계의 전체에서 형성되는 두께의 1/20 이상 1/2 미만인 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 공정에 있어서, 제1층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃과, 제2층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃을 기판의 주표면과 대향시키고, 기판의 주표면과 대향하고 있는 상기 제1층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃 및 상기 제2층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃에 교대로 전력을 인가한 상태에서, 상기 제1층의 형성 후의 제2층의 형성, 또는 상기 제2층의 형성 후의 제1층의 형성에 있어서, 제1 단계의 스퍼터 압력을, 직전의 층의 형성 종료 시의 스퍼터 압력보다 높게, 또한 제2 단계의 스퍼터 압력보다 높게 하는 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 스퍼터법이 마그네트론 스퍼터법인 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1 단계 및 제2 단계의 스퍼터 압력을, Ar 가스로 조정하는 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 제1층 및 제2층이 각각 Si층 및 Mo층이며, 상기 제1층 및 제2층이 교대로 각각 40층 이상 적층되어 있는 것을 특징으로 하는 제조 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 기재된 제조 방법에 의해 제조하여 이루어지는 반사형 마스크 블랭크이며,

기판과, 해당 기판의 하나의 주표면 상에 형성된 다층 반사막 및 해당 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막을 구비하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 다층 반사막의 파장 13 내지 14nm의 극단 자외선(EUV)에 대한 입사각 6° 에서의 반사율이 66.5% 이상인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 9

제7항에 있어서, 상기 제1층 및 제2층이 각각 Si층 및 Mo층이며, 상기 제1층 및 제2층이 교대로 각각 40층 이상 적층되어 있는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

청구항 10

제7항에 있어서, 상기 다층 반사막이 형성되어 있는 상기 기판의 주표면의 표면 조도 RMS가 0.15nm 이하인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, LSI 등의 반도체 디바이스의 제조 등에 사용되는 반사형 마스크의 소재가 되는 반사형 마스크 블랭크 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 반도체 디바이스(반도체 장치)의 제조 공정에서는, 전사용 마스크에 노광광을 조사하고, 마스크에 형성되어 있는 회로 패턴을, 축소 광학계를 통해 반도체 기판(반도체 웨이퍼) 상에 전사하는 포토리소그래피 기술이 사용된다. 현시점에서는 노광광의 파장은 불화아르곤(ArF) 엑시머 레이저광을 사용한 193nm가 주류로 되어 있다.

[0003] 그러나, 더 한층의 미세 패턴의 형성이 필요해지고 있는 점에서, 노광광으로서 ArF 엑시머 레이저광보다 더욱 파장이 짧은 극단 자외(Extreme Ultraviolet: 이하 「EUV」라고 칭한다.)광을 사용한 EUV 리소그래피 기술이 유망시되고 있다. EUV광이란, 파장이 0.2 내지 100nm 정도인 광이며, 보다 구체적으로는 파장이 13.5nm 정도인 광이다. 이 EUV광은 물질에 대한 투과성이 매우 낮아, 종래의 투과형 투영 광학계나 마스크를 사용할 수 없기 때문에, 반사형의 광학 소자가 사용된다. 그 때문에, 패턴 전사용의 마스크도 반사형 마스크가 제안되어 있다. 반사형 마스크는, 기판 상에 EUV광을 반사하는 다층 반사막이 형성되고, 다층 반사막 상에 EUV광을 흡수하는 흡수체막이 패턴상으로 형성된 것이 일반적으로 사용되고, 다층 반사막 상의 흡수체막의 유무에 의해 발생하는, 노광광인 EUV광의 반사율의 차에 의해, 실리콘 웨이퍼 등의 피전사물 상에 패턴을 형성한다.

[0004] 반사형 마스크는 반사형 마스크 블랭크를 사용하여 제조되지만, 반사형 마스크 블랭크는 기판 상에, 노광광을 반사하는 다층 반사막과, 그 위에 노광광에 대하여 반사율이 낮은 흡수체막을 갖고, 추가로 일반적으로는 다층 반사막과 흡수체막 사이에 보호막을 갖는다. 다층 반사막은 굴절률이 다른 층을 교대로 적층함으로써 형성되고, 예를 들어 EUV광 노광용에는, 몰리브덴(Mo)층과 실리콘(Si)층을 교대로 적층한 것이 사용되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 특허 공표 제2009-510711호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 반사형 마스크 블랭크는 광학 특성의 개선이나 결함을 검출하기 쉽게 할 목적으로부터, 보다 평활한 것이 요구되고 있다. 또한, 반사형 마스크를 사용한 노광 시에는, 흡수체막에 의해 노광광이 흡수되고, 다층 반사막이 노출된 부분에서, 노광광이 다층 반사막에 의해 반사된다. 노광 시에 높은 콘트라스트를 얻기 위해서, 다층 반사막의 노광광에 대한 반사율은, 높은 것이 바람직하다. 또한, 다층 반사막은, 반사율이 높으면 높을수록, 패턴을 전사하는 대상, 구체적으로는 실리콘 웨이퍼 등의 피전사물 상에 형성된 레지스트막이, 소정의 노광량에 도달하는 시간을 짧게 할 수 있는 점에서, 노광 공정의 스루풋 향상을 위해, 보다 높은 반사율을 갖는 것이 요

구되고 있다.

[0007] 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위해 이루어진 것이며, 반사형 마스크를 사용한 노광 시에, 노광광에 대하여 보다 높은 반사율을 부여하는 다층 반사막을 갖는 반사형 마스크 블랭크 및 그의 제조 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 본 발명자들은 상기 과제를 해결하기 위해 예의 검토를 거듭한 결과, 반사형 마스크 블랭크의 다층 반사막으로서, 서로 광학 특성이 다른 제1층 및 제2층이 교대로 각각 2층 이상 적층된 다층 반사막을 형성할 때, 제1층 및 제2층을 교대로 스퍼터법에 의해 형성하고, 층의 형성을, 층의 형성 개시 시부터 소정의 두께에 도달할 때까지의 제1 단계와, 상기 소정의 두께에 도달한 후부터 형성 종료 시까지의 제2 단계로 하고, 층의 형성 후 다음 층의 형성에 있어서, 제1 단계의 스퍼터 압력을, 직전의 층의 형성 종료 시의 스퍼터 압력보다 높게, 또한 제2 단계의 스퍼터 압력보다 높게 함으로써, 파장 13 내지 14nm의 극단 자외선(EUV)에 대하여 높은 반사율을 갖는 다층 반사막이 얻어지는 것을 발견하여, 본 발명을 이루는 데 이르렀다.

[0009] 따라서, 본 발명은, 이하의 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법 및 반사형 마스크 블랭크를 제공한다.

[0010] 1. 기판과, 해당 기판의 하나의 주표면 상에 형성된 다층 반사막 및 해당 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막을 구비하고, 상기 다층 반사막이, 서로 광학 특성이 다른 제1층 및 제2층이 교대로 각각 2층 이상 적층되어 이루어지는 반사형 마스크 블랭크를 제조하는 방법이며,

[0011] 상기 다층 반사막을 구성하는 제1층 및 제2층을 교대로 스퍼터법에 의해 형성하는 공정을 포함하고,

[0012] 상기 다층 반사막을 구성하는 제1층 및 제2층의 형성에 있어서, 각각의 층의 형성을, 형성 개시 시부터 소정의 두께에 도달할 때까지의 제1 단계와, 상기 소정의 두께에 도달한 후부터 형성 종료 시까지의 제2 단계로 구성하고,

[0013] 제1층의 형성 후의 제2층의 형성, 또는 제2층의 형성 후의 제1층의 형성에 있어서, 제1 단계의 스퍼터 압력을, 직전의 층의 형성 종료 시의 스퍼터 압력보다 높게, 또한 제2 단계의 스퍼터 압력보다 높게 하는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크의 제조 방법.

[0014] 2. 상기 제1 단계에 있어서 형성되는 상기 소정의 두께가, 제1 단계 및 제2 단계의 전체에서 형성되는 두께의 1/20 이상 1/2 미만인 것을 특징으로 하는 1에 기재된 제조 방법.

[0015] 3. 상기 제1 단계의 스퍼터 압력이 0.08Pa 이상이며, 상기 제2 단계의 스퍼터 압력이 0.08Pa 미만인 것을 특징으로 하는 1 또는 2에 기재된 제조 방법.

[0016] 4. 상기 스퍼터법이 마그네트론 스퍼터법인 것을 특징으로 하는 1 내지 3 중 어느 한 항에 기재된 제조 방법.

[0017] 5. 상기 제1 단계 및 제2 단계의 스퍼터 압력을, Ar 가스로 조정하는 것을 특징으로 하는 1 내지 4 중 어느 한 항에 기재된 제조 방법.

[0018] 6. 상기 제1층 및 제2층이 각각 Si층 및 Mo층이며, 상기 제1층 및 제2층이 교대로 각각 40층 이상 적층되어 있는 것을 특징으로 하는 1 내지 5 중 어느 한 항에 기재된 제조 방법.

[0019] 7. 1 내지 6 중 어느 한 항에 기재된 제조 방법이 의해 제조하여 이루어지는 반사형 마스크 블랭크이며,

[0020] 기판과, 해당 기판의 하나의 주표면 상에 형성된 다층 반사막 및 해당 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막을 구비하고, 상기 다층 반사막이, 서로 광학 특성이 다른 제1층 및 제2층이 교대로 각각 2층 이상 적층되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크.

[0021] 8. 상기 다층 반사막의 파장 13 내지 14nm의 극단 자외선(EUV)에 대한 입사각 6°에서의 반사율이 66.5% 이상인 것을 특징으로 하는 7에 기재된 반사형 마스크 블랭크.

[0022] 9. 상기 제1층 및 제2층이 각각 Si층 및 Mo층이며, 상기 제1층 및 제2층이 교대로 각각 40층 이상 적층되어 있는 것을 특징으로 하는 7 또는 8에 기재된 반사형 마스크 블랭크.

[0023] 10. 상기 다층 반사막이 형성되어 있는 상기 기판의 주표면의 표면 조도 RMS가 0.15nm 이하인 것을 특징으로 하는 7 내지 9 중 어느 한 항에 기재된 반사형 마스크 블랭크.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따르면, 반사형 마스크를 사용한 노광 시에, 노광광에 대하여 보다 높은 반사율을 부여하는 다층 반사막을 갖는 반사형 마스크 블랭크를, 높은 생산성으로 제조하여 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 반사형 마스크 블랭크의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 2는 반사형 마스크 블랭크의 다른 예를 나타내는 단면도이다.

도 3은 반사형 마스크 블랭크의 다른 예를 나타내는 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0027] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크는, 기판과, 기판의 하나의 주표면(표측의 면) 상에 형성된 다층 반사막, 구체적으로는 극단 자외(EUV)광 등의 노광광을 반사하는 다층 반사막과, 다층 반사막 상에 형성된 흡수체막, 구체적으로는 EUV광 등의 노광광을 흡수하고, 반사율을 저하시키는 흡수체막을 구비한다. 반사형 마스크 블랭크(EUV용 반사형 마스크 블랭크)로부터는, 흡수체막을 패터닝하여 형성되는 흡수체 패턴(흡수체막의 패턴)을 갖는 반사형 마스크(EUV용 반사형 마스크)가 제조된다. EUV 리소그래피에 사용되는 EUV광의 파장은 13 내지 14nm이며, 통상 파장이 13.5nm 정도인 광이다.

[0028] 다층 반사막은, 통상적으로 기판의 하나의 주표면에 접하여 마련되는 것이 바람직하지만, 본 발명의 효과를 상실하지 않는다면, 기판과 다층 반사막 사이에 하지막을 마련하는 것도 가능하다. 흡수체막은 다층 반사막에 접하여 형성해도 되지만, 다층 반사막과 흡수체막 사이에는, 바람직하게는 다층 반사막과 접하여, 보다 바람직하게는 다층 반사막 및 흡수체막과 접하여, 보호막(다층 반사막의 보호막)을 마련해도 된다. 보호막은 세정, 수정 등의 가공 등에 있어서, 다층 반사막을 보호하기 위해 등에 사용된다. 또한, 보호막에는, 흡수체막을 에칭에 의해 패터닝할 때의 다층 반사막의 보호나, 다층 반사막의 산화를 방지하는 기능을 갖는 것이 바람직하다. 한편, 기판의 하나의 주표면과 반대측의 면인 다른 주표면(이측의 면) 아래, 바람직하게는 다른 주표면에 접하여, 반사형 마스크를 노광 장치에 정전척하기 위해 사용하는 도전막을 마련해도 된다. 또한, 여기에서는, 기판의 하나의 주표면을 표측의 면이면서 상측, 다른 주표면을 이측의 면이면서 하측으로 하고 있지만, 양자의 표리 및 상하는 편의상 정한 것이며, 하나의 주표면과 다른 주표면은, 기판에 있어서의 2개의 주표면(막 형성면) 중 어느 것이며, 표리 및 상하는 치환 가능하다.

[0029] 도 1 내지 3에, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 전형적인 예를 나타낸다. 도 1은, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 일례를 나타내는 단면도이며, 이 반사형 마스크 블랭크(100)는, 기판(101)의 하나의 주표면 상에, 하나의 주표면에 접하여 형성된 다층 반사막(102)과, 다층 반사막(102)에 접하여 형성된 흡수체막(103)을 구비한다. 도 2는, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 다른 예를 나타내는 단면도이며, 이 반사형 마스크 블랭크(200)는, 기판(101)의 하나의 주표면 상에, 하나의 주표면에 접하여 형성된 다층 반사막(102)과, 다층 반사막(102)에 접하여 형성된 보호막(104)과, 보호막(104)에 접하여 형성된 흡수체막(103)을 구비한다. 도 3은, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 다른 예를 나타내는 단면도이며, 이 반사형 마스크 블랭크(300)는, 기판(101)의 하나의 주표면 상에, 하나의 주표면에 접하여 형성된 다층 반사막(102)과, 다층 반사막(102)에 접하여 형성된 보호막(104)과, 보호막(104)에 접하여 형성된 흡수체막(103)과, 기판(101)의 다른 주표면 상에, 다른 주표면에 접하여 형성된 도전막(105)을 구비한다.

[0030] 기판은, 예를 들어 소위 6025 기판(6인치×6인치×두께 0.25인치(SI 단위에서는, 통상 152㎜×152㎜×두께 6.35㎜라 표기))을 사용할 수 있다. 기판은, 노광 시에 있어서의 열팽창에 의한 패턴의 변형을 저감시킬 필요가 있어, 기판의 열팽창률은 절댓값으로서 30ppb/℃ 이하, 특히 10ppb/℃ 이하인 것이 바람직하다. 이러한 재료로서는, 티타니아 도프 석영 유리(SiO_2-TiO_2계 유리) 등을 들 수 있다.

[0031] 기판은, 다층 반사막 내의 결함의 검출이나, 흡수체 패턴의 형성이나 흡수체막 내의 결함의 검출 등에 있어서, 높은 위치 정밀도를 얻는 관점에서 보다 평탄한 것이 바람직하고, 다층 반사막을 형성하는 측의 주표면에 있어서, 노광 패턴 형성 에어리어, 예를 들어 6025 기판이면, 주표면의 중앙부, 예를 들어 132㎜×132㎜의 범위에서, 평탄도(평면도)가 0.1㎛ 이하, 특히 0.05㎛ 이하인 것이 바람직하다. 또한, 기판은, 다층 반사막을

형성하는 측의 주표면에 있어서, 높은 반사율을 얻기 위해서는, 표면 조도가 작은 것이 바람직하고, 표면 조도 RMS(제곱 평방근 조도)가 0.15nm 이하, 특히 0.1nm 이하인 것이 바람직하다. 본 발명에 있어서, 표면 조도 RMS는 원자간력 현미경 AFM에서, 예를 들어 한 변이 1㎛인 정사각형의 범위에서 측정한 값을 사용할 수 있다.

[0032] 한편, 다층 반사막을 형성하는 측의 주표면과는 반대측의 주표면은, 통상적으로 반사형 마스크를 노광 장치에 세트할 때에 흡착되는 면이 되기 때문에, 충분한 패턴 위치 정밀도를 얻기 위해서는, 기판의 이 면도 평탄한 것이 바람직하고, 평탄도(평면도)는 1㎛ 이하인 것이 바람직하다.

[0033] 다층 반사막은, 반사형 마스크에 있어서 EUV광 등의 노광광을 반사하는 막이며, 서로 광학 특성이 다른 복수종의 층, 예를 들어 서로 광학 특성이 다른 제1층 및 제2층을 교대로 적층한 것, 보다 구체적으로는 굴절률이 다른 복수종의 층, 예를 들어 고굴절률층과 저굴절률층을, 주기적으로 적층한 것이 사용된다. EUV광에 대하여는, 고굴절률층의 재료로서는, 규소(Si)가 사용되고, 저굴절률층의 재료로서는, 몰리브덴(Mo)이 사용되고, 규소(Si)층과 몰리브덴(Mo)층이 교대로 적층된 Si/Mo 적층막을 들 수 있다. 복수종의 층의 적층은, 예를 들어 2 주기 이상(각각 2층 이상), 특히 40 주기 이상(각각 40층 이상)이며, 바람직하게는 60 주기 이하(각각 60층 이하)인 것이 바람직하다. 이 주기가 적으면, 반사율이 낮아질 우려가 있고, 주기가 많으면 막이 두꺼워지고, 막 응력이 커질 우려가 있다. Si/Mo 적층막의 경우, 규소(Si)층 및 몰리브덴(Mo)층은, 각각 규소 단체 및 몰리브덴 단체로 형성되어 있는 것이 바람직하지만, 각각 규소 화합물 및 몰리브덴 화합물로 형성되어 있어도 된다.

[0034] Si/Mo 적층막의 경우, 다층 반사막의 기판에 가장 가까운 측의 층을, Si층으로 해도, Mo층으로 해도 된다. 또한, 기판으로부터 가장 이격되는 측의 층도, Si층으로 해도, Mo층으로 해도 되지만, Si층으로 하는 것이 바람직하다. 다층 반사막의 고굴절률층 및 저굴절률층의 두께는, 노광 파장에 의해 적절히 설정된다. 예를 들어, 노광광이 EUV광(노광 파장이 13 내지 14nm)인 경우에는, 고굴절률층 및 저굴절률층으로 구성되는 1 주기분의 두께를 6 내지 8nm로 하고, 1 주기분의 두께 중, 고굴절률층의 두께를 10 내지 90%로 하는 것이 바람직하다. 또한, 다층 반사막 내, 고굴절률층 및 저굴절률층의 각각의 두께는 일정하여도, 개개의 층에 있어서 달라도 된다. 다층 반사막 전체의 막 두께는 통상 240 내지 320nm 정도이다.

[0035] 다층 반사막의 성막 방법으로서는, 타깃에 전력을 공급하고, 공급한 전력으로 분위기 가스를 플라스마화(이온화)하여, 스퍼터링을 행하는 스퍼터법이나, 이온빔을 타깃에 조사하는 이온빔 스퍼터법이 있다. 스퍼터법으로서는, 타깃에 직류 전압을 인가하는 DC 스퍼터법, 타깃에 고주파 전압을 인가하는 RF 스퍼터법이 있다. 다층 반사막의 형성에는, 일반적으로는 표면 조도를 낮출 수 있는 점에서, 이온빔 스퍼터법이 사용되고 있지만, 이온빔 스퍼터법은 성막 장치가 고가이며, 생산성도 낮다.

[0036] 본 발명에 있어서는, 다층 반사막을 스퍼터법에 의해 성막한다. 스퍼터법이란 Ar 가스 등의 가스를 챔버에 도입한 상태에서 타깃에 전압을 인가하여, 가스를 이온화하고, 가스 이온에 의한 스퍼터링 현상을 이용한 성막 방법이며, 특히 마그네트론 스퍼터법은 생산성에 있어서 유리하다. 마그네트론 스퍼터법이란, 타깃의 이측 등에 자석을 배치하고, 자장에서 타깃 바로 위의 플라스마 밀도를 높이는 스퍼터법이며, 마그네트론 스퍼터를 적용하면, 방전 시의 가스 압력(스퍼터 압력)이 낮아도 플라스마를 유지할 수 있고, 또한 스퍼터 속도가 높아지기 때문에 바람직하다. 타깃에 인가하는 전력은 DC여도 RF여도 되고, 또한 DC에는, 타깃의 차지업을 방지하기 위해서, 타깃에 인가하는 부 바이어스를 단시간 반전하는 펄스 스퍼터링도 포함된다.

[0037] 스퍼터법에 의한 다층 반사막의 성막은, 예를 들어 복수의 타깃을 장착할 수 있는 스퍼터 장치를 사용하여 성막할 수 있고, 구체적으로는 제1층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃(예를 들어, Si 타깃)과, 제2층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃(예를 들어, Mo 타깃)을 사용하고, 스퍼터 가스로서, Ar 가스, Kr 가스 등의 희가스를 사용하여, 타깃과 기판의 주표면을 대향시켜, 제1층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃과, 제2층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃을 교대로 스퍼터링함으로써, 제1층 및 제2층을 교대로 형성하여 성막할 수 있다. 스퍼터링은 기판을 주표면을 따라 자전시키면서 실시하는 것이 바람직하다.

[0038] Si/Mo 적층막에서는, 규소(Si)층 및 몰리브덴(Mo)층을 각각 규소 화합물 및 몰리브덴 화합물로 형성하는 경우에는, 스퍼터 가스로서, 희가스와 함께, 산소 함유 가스, 질소 함유 가스, 탄소 함유 가스 등의 반응성 가스를 사용한 반응성 스퍼터링에 의해 성막할 수 있다. 또한, 타깃을, 규소 화합물이나 몰리브덴 화합물로 해도 된다.

[0039] 스퍼터법에 의한 다층 반사막의 성막에 있어서는, 스퍼터 가스압에 대하여는, 각 층의 성막 초기에 있어서, 가스압을 높게 함으로써, 스퍼터 가스압을 높게 하고, 그 후에 스퍼터 압력을 낮게 함으로써, 반사율을 개선할 수 있다. 즉, 스퍼터법에 의한 다층 반사막의 성막에 있어서는, 제1층 및 제2층의 형성에 있어서, 층의 형성을, 형성 개시 시부터 소정의 두께에 도달할 때까지의 제1 단계와, 소정의 두께에 도달한 후부터 형성 종료 시까지

의 제2 단계로 구성하는 것이 바람직하고, 그 경우, 제1층의 형성 후의 제2층의 형성, 또는 제2층의 형성 후의 제1층의 형성에 있어서, 제1 단계의 스퍼터 압력을, 직전의 층의 형성 종료 시의 스퍼터 압력보다 높게, 또한 제2 단계의 스퍼터 압력보다 높게 하는 것이 유효하다.

[0040] 제1층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃 및 제2층을 구성하는 금속 또는 반금속의 타깃의 스퍼터링의 전환 타이밍은, 한쪽의 타깃에 의한 스퍼터링의 종료(전력의 인가의 종료)와, 다른 쪽의 타깃에 의한 스퍼터링의 개시(전력의 인가의 개시)를 동시에 해도, 한쪽의 타깃에 의한 스퍼터링의 종료(전력의 인가의 종료) 후, 다른 쪽의 타깃에 의한 스퍼터링의 개시(전력의 인가의 개시)를 소정의 시간, 예를 들어 1 내지 30초간 정도 늦추도록 해도 된다.

[0041] 제1 단계에 있어서 형성되는 두께(소정의 두께)는, 제1 단계 및 제2 단계의 전체에서 형성되는 두께의 1/20 이상, 특히 1/10 이상인 것이 바람직하고, 1/2 미만, 특히 1/4 이하인 것이 바람직하다. 또한, 제1 단계의 스퍼터 압력은 0.08Pa 이상인 것이 바람직하고, 제2 단계의 스퍼터 압력은 0.08Pa 미만인 것이 바람직하다. 즉, 스퍼터 압력은 0.08Pa을 경계로 하여, 이 이상의 스퍼터 압력에서 층을 형성하는 범위를 제1 단계, 이 미만에서 층의 잔부를 형성하는 범위를 제2 단계로 할 수 있다. 제1 단계 및 제2 단계의 스퍼터 압력은, Ar 가스, Kr 가스 등의 희가스로 조정할 수 있다. 직전의 층의 형성 시의 제2 단계로부터, 대상으로 하는 층의 형성 시의 제1 단계, 또한 대상으로 하는 층의 형성 시의 제2 단계에 있어서, 스퍼터 압력을 변화시키는 방법으로서는, Ar 가스, Kr 가스 등의 희가스의 양(유량)을 증감함으로써 조정하는 것이 바람직하다.

[0042] 다층 반사막을 이렇게 성막함으로써, 높은 반사율이 달성된다. 또한, 다층 반사막을 이렇게 성막함으로써, 표면 조도를 낮게 억제할 수 있고, 예를 들어 다층 반사막의 주표면의 표면 조도 RMS를, 0.2nm 이하, 특히 0.15nm 이하로 할 수 있다.

[0043] 본 발명에 있어서는, 상술한 방법에 의해 다층 반사막을 성막함으로써, 반사율이 높은 다층 반사막을 얻을 수 있고, 다층 반사막의 조성이나 층 구성에 따라서 다르지만, 예를 들어 극단 자외선(EUV)에 대한 입사각 6°에서의 반사율이, 65% 이상, 특히 66% 이상, 특히 66.5% 이상인 다층 반사막을 얻을 수 있다. 이 반사율은, 다층 반사막의 노광 패턴 형성 에어리어(흡수체 패턴이 형성되는 에어리어) 내의 최고값(피크값)이다. 한편, 반사율의 다층 반사막의 노광 패턴 형성 에어리어 내의 최저값은, 60% 이상, 특히 62% 이상인 것이 바람직하다. 또한, 노광 패턴 형성 에어리어 내의 반사율의 평균값은 62% 이상, 특히 64% 이상인 것이 바람직하다.

[0044] 흡수체막은 다층 반사막 상에 형성되고, 노광광을 흡수하여, 노광광의 반사율을 저감시키는 막이며, 반사형 마스크에 있어서는, 흡수체막이 형성되어 있는 부분과, 흡수체막이 형성되어 있지 않는 부분의 반사율의 차에 의해, 전사 패턴을 형성한다. 흡수체막은 위상 시프트 기능을 갖는 것이어도 된다. 흡수체막의 반사율은, 위상 시프트 기능을 갖는 것이 아닌 경우에는, 노광광, 특히 EUV광에 대하여 10% 이하, 특히 5% 이하, 특히 2% 이하인 것이 바람직하다. 한편, 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막의 경우, 노광광에 대한 반사율은, 위상 시프트 기능을 갖지 않는 흡수체막보다, 반사율이 높아도 되고, 이 경우, 노광광, 특히 EUV광에 대하여 50% 이하, 특히 30% 이하인 것이 바람직하고, 또한 위상 시프트 기능을 갖지 않는 흡수체막과 마찬가지로, 10% 이하, 특히 5% 이하, 특히 2% 이하인 것이 바람직하다. 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막의 위상차(위상 시프트량)는, 흡수체막이 형성되어 있는 영역으로부터 반사한 광과, 흡수체막이 형성되어 있지 않는 영역으로부터 반사한 광 사이의 위상차로서, 150° 이상, 특히 170° 이상이며, 210° 이하, 특히 190° 이하인 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 대략 180°이다. 위상 시프트 효과를 이용함으로써, 해상도를 높일 수 있다.

[0045] 흡수체막은 단층으로 구성해도, 복수층으로 구성해도 되고, 복수층으로 구성하는 경우, 예를 들어 흡수체층과, 흡수체층의 기판으로부터 이격되는 측에 마련된, 흡수체막의 검사에 있어서 사용되는 검사광에 대하여 반사 방지 기능을 갖는 반사 방지층으로 구성해도 된다. 이렇게 함으로써, 패턴 검사 시에 검사 감도를 높일 수 있다. 또한, 노광광에 대한 조사 내성을 향상시키기 위한 층을, 흡수체막의 기판으로부터 이격되는 측의 최표층으로서 마련해도 된다. 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막의 경우, 단층으로 구성하면, 흡수체막의 반사율이 재료에 의존하기 때문에, 반사율의 조정을 할 수 없지만, 복수층으로 구성하여, 위상 시프트 기능을 주로 담당하는 층과, 위상 시프트 기능을 주로 담당하는 층의 기판으로부터 이격되는 측에 마련된, 흡수체막의 검사에 있어서 사용되는 검사광에 대하여 반사 방지 기능을 주로 담당하는 층으로 구성하면, 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막의 위상차 및 반사율의 설정 자유도를 높일 수 있다.

[0046] 흡수체막의 재료로서는, EUV광 등의 노광광을 흡수하고, 패턴 가공이 가능한 재료라면, 제한은 없다. 흡수체막의 재료로서는, 예를 들어 크롬(Cr) 또는 탄탈(Ta)을 함유하는 재료를 들 수 있다. 또한, 크롬(Cr) 또는 탄탈(Ta)을 함유하는 재료는, 산소(O), 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 등을 함유하고 있어도 된다. 크롬을 함유하는

재료로서 구체적으로는, Cr 단체, CrO(화합물의 표기는 구성 원소를 나타내는 것이며, 조성비를 의미하는 것은 아니다. 이하 동일하다.), CrN, CrON, CrC, CrCN, CrCO, CrCON, CrB, CrOB, CrNB, CrONB, CrCB, CrCNB, CrCOB, CrCONB 등의 크롬 화합물을 들 수 있다. 탄탈(Ta)을 함유하는 재료로서는, Ta 단체, TaO, TaN, TaON, TaC, TaCN, TaCO, TaCON, TaB, TaOB, TaNB, TaONB, TaCB, TaCNB, TaCOB, TaCONB 등의 탄탈 화합물을 들 수 있다.

[0047] 흡수체막을, 흡수체층과 반사 방지층으로 복수층으로 구성하는 경우나, 위상 시프트 기능을 주로 담당하는 층과, 반사 방지 기능을 주로 담당하는 층으로 복수층으로 구성하는 경우에는, 각각의 층을 구성하는 크롬(Cr)이나 탄탈(Ta) 등의 금속 원소를 변경해도 되지만, 각각의 층을 구성하는 금속 원소는 공통으로 하여, 산소(O), 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 등의 함유율을 변경함으로써, 각각의 층의 기능을 바꾸는 것도 가능하다. 흡수체막의 막 두께는 통상 30 내지 100nm 정도이다.

[0048] 흡수체막은 스퍼터링으로 성막할 수 있고, 스퍼터링은 마그네트론 스퍼터가 바람직하다. 구체적으로는, 크롬 타깃, 탄탈 타깃 등의 금속 타깃이나, 크롬 화합물 타깃, 탄탈 화합물 타깃 등의 금속 화합물 타깃(크롬, 탄탈 등의 금속과, 산소(O), 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 등을 함유하는 타깃) 등을 사용하고, 스퍼터 가스로서, Ar 가스, Kr 가스 등의 희가스를 사용한 스퍼터링, 또한 희가스와 함께, 산소 함유 가스, 질소 함유 가스, 탄소 함유 가스 등의 반응성 가스를 사용한 반응성 스퍼터링에 의해 성막할 수 있다.

[0049] 흡수체막 상에는, 흡수체막과 에칭 특성이 다르고, 흡수체막을 패터닝할 때의 에칭에 있어서 에칭 마스크로서 기능하는 하드 마스크막을 마련해도 된다. 이 하드 마스크막은 흡수체 패턴을 형성한 후에는, 남아서 흡수체막의 일부로 해도, 제거하여 반사형 마스크 상에는 잔존시키지 않도록 해도 된다. 또한, 반사형 마스크 블랭크는, 기판으로부터 가장 이격되는 측에, 흡수체막 등의 패터닝에 사용하는 포토레지스트막 등의 레지스트막이 형성된 것이어도 된다. 포토레지스트막은 전자선(EB) 레지스트가 바람직하다.

[0050] 보호막의 재료로서는, 루테늄(Ru)을 포함하는 재료를 들 수 있다. 루테늄(Ru)을 포함하는 재료로서 구체적으로는, 루테늄(Ru) 단체, 루테늄(Ru)에, 티타늄(Ti), 니오븀(Nb), 몰리브덴(Mo), 지르코늄(Zr) 등의 금속을 함유하는 루테늄 합금 등을 들 수 있다. 루테늄 합금에 포함되는 루테늄의 함유율은 50원자% 이상 100원자% 미만인 것이 바람직하다. 보호막의 막 두께는 1nm 이상인 것이 바람직하고, 10nm 이하, 특히 5nm 이하인 것이 바람직하다. 보호막은, 예를 들어 마그네트론 스퍼터법에 의해 성막할 수 있다.

[0051] 도전막은, 시트 저항이 100Ω/□ 이하이면, 재질이나 막 두께에 특별히 제한은 없다. 도전막의 재료로서는, 예를 들어 크롬(Cr) 또는 탄탈(Ta)을 함유하는 재료를 들 수 있다. 또한, 크롬(Cr) 또는 탄탈(Ta)을 함유하는 재료는, 산소(O), 질소(N), 탄소(C), 붕소(B) 등을 함유하고 있어도 된다. 크롬을 함유하는 재료로서 구체적으로는, Cr 단체, CrO, CrN, CrON, CrC, CrCN, CrCO, CrCON, CrB, CrOB, CrNB, CrONB, CrCB, CrCNB, CrCOB, CrCONB 등의 크롬 화합물을 들 수 있다. 탄탈(Ta)을 함유하는 재료로서는, Ta 단체, TaO, TaN, TaON, TaC, TaCN, TaCO, TaCON, TaB, TaOB, TaNB, TaONB, TaCB, TaCNB, TaCOB, TaCONB 등의 탄탈 화합물을 들 수 있다. 도전막의 막 두께는 정전척용으로서 기능하면 되고, 특별히 제한은 없지만, 통상 5 내지 50nm 정도이다. 도전막의 막 두께는, 반사형 마스크로서 형성, 즉 흡수체 패턴을 형성한 후에, 다층 반사막 및 흡수체 패턴과, 막 응력이 밸런스를 이루도록 형성하는 것이 바람직하다. 도전막은, 예를 들어 마그네트론 스퍼터법에 의해 성막할 수 있다.

[0052] [실시예]

[0053] 이하, 실험예 및 비교 실험예를 나타내어 본 발명을 구체적으로 설명하지만, 본 발명은 실험예에 제한되는 것은 아니다.

[0054] [실험예 1]

[0055] 한 변이 152mm인 정사각형, 6.35mm 두께의 석영 유리 기판에, Mo 타깃과 Si 타깃을 사용하고, 양쪽 타깃과 기판의 주표면을 대향시켜, 기판을 자전시키면서, DC 펄스 마그네트론 스퍼터링에 의해 다층 반사막을 성막하였다.

[0056] 타깃을 2개 장착할 수 있고, 타깃을 한쪽씩 또는 양쪽 동시에 방전할 수 있는 스퍼터 장치에, 각각의 타깃을 장착하고, 먼저 챔버 내에 Ar 가스를 흘리면서, 챔버 내 압력을 0.15Pa로 하여 Si 타깃에 전력을 인가하고, 인가 개시와 동시에, Ar 가스 유량을, 층의 형성 종료 시(Si 타깃에의 전력의 인가 정지 시)의 스퍼터 압력이 0.033Pa이 될 때까지 내리고, 1,800W의 전력을 28초간 인가하여 두께 4nm의 규소(Si)층을 형성하고, Si 타깃에의 전력의 인가를 정지하였다.

[0057] 규소(Si)층의 형성에서는, 스퍼터 압력이 Si 타깃에의 전력 인가 개시 시의 0.15Pa로부터 0.08Pa에 도달할 때까지(제1 단계)의 시간은 2초간, 스퍼터 압력이 0.08Pa을 하회하고, 0.033Pa이 되고, Si 타깃에의 전력 인가를 정지할 때까지(제2 단계)의 시간은, 26초였다. 따라서, 제1 단계에 있어서, 규소(Si)층 전체의 1/13에 상당하는 두께가 형성되었다.

[0058] 이어서, 챔버 내에 Ar 가스를 흘리면서, 챔버 내 압력을 0.15Pa로 하여 Mo 타깃에 전력을 인가하고, 인가 개시와 동시에, Ar 가스 유량을, 층의 형성 종료 시(Mo 타깃에의 전력의 인가 정지 시)의 스퍼터 압력이 0.036Pa이 될 때까지 내리고, 900W의 전력을 30초간 인가하여 두께 3nm의 몰리브덴(Mo)층을 형성하고, Mo 타깃에의 전력의 인가를 정지하였다.

[0059] 몰리브덴(Mo)층의 형성에서는, 스퍼터 압력이 Mo 타깃에의 전력 인가 개시 시의 0.15Pa로부터 0.08Pa에 도달할 때까지(제1 단계)의 시간은 2초간, 스퍼터 압력이 0.08Pa을 하회하고, 0.036Pa이 되고, Mo 타깃에의 전력 인가를 정지할 때까지(제2 단계)의 시간은, 28초였다. 따라서, 제1 단계에 있어서, 몰리브덴(Mo)층 전체의 1/14에 상당하는 두께가 형성되었다.

[0060] 여기까지의 조작을 1 사이클로 하고, 이것을 40 사이클 반복하여, 40 사이클째의 몰리브덴(Mo)층을 형성한 후, 다시 상기 방법으로 규소(Si)층을 형성하여, 다층 반사막으로 하였다. 이 다층 반사막은, 기판측으로부터 규소(Si)층, 몰리브덴(Mo)층의 순으로, 각각 40층이 교대로 적층되고, 추가로 기판으로부터 가장 이격되는 측에 규소(Si)층이 1층 적층되어 있고, 다층 반사막 전체의 막 두께는 약 284nm이다.

[0061] 이어서, 얻어진 다층 반사막의 입사각 6° 의 EUV광(파장 13 내지 14nm)에 대한 반사율을, euv tech.사의 EUV 마스크 전자동 반사율계 LPR-1016으로 측정한 결과, 66.69%였다.

[0062] [실험예 2]

[0063] 한 변이 152mm인 정사각형, 6.35mm 두께의 석영 유리 기판에, Mo 타깃과 Si 타깃을 사용하고, 양쪽 타깃과 기판의 주표면을 대향시켜, 기판을 자전시키면서, DC 펄스 마그네트론 스퍼터링에 의해 다층 반사막을 성막하였다.

[0064] 타깃을 2개 장착할 수 있고, 타깃을 한쪽씩 또는 양쪽 동시에 방전할 수 있는 스퍼터 장치에, 각각의 타깃을 장착하고, 먼저 챔버 내에 Ar 가스를 흘리면서, 챔버 내 압력을 0.10Pa로서 Si 타깃에 전력을 인가하고, 인가 개시부터 2초 후에, Ar 가스 유량을, 층의 형성 종료 시(Si 타깃에의 전력의 인가 정지 시)의 스퍼터 압력이 0.033Pa이 될 때까지 내리고, 1,800W의 전력을 22초간 인가하여 두께 4nm의 규소(Si)층을 형성하고, Si 타깃에의 전력의 인가를 정지하였다.

[0065] 규소(Si)층의 형성에서는, 스퍼터 압력이 Si 타깃에의 전력 인가 개시부터 0.10Pa에서 성막한 시간이 2초간, 또한 0.10Pa로부터 0.08Pa에 도달할 때까지(제1 단계)의 시간은 2초간, 스퍼터 압력이 0.08Pa을 하회하고, 0.033Pa이 되어, Si 타깃에의 전력 인가를 정지할 때까지(제2 단계)의 시간은, 22초였다. 따라서, 제1 단계에 있어서, 규소(Si)층 전체의 1/6에 상당하는 두께가 형성되었다.

[0066] 이어서, 챔버 내에 Ar 가스를 흘리면서, 챔버 내 압력을 0.10Pa로 하여 Mo 타깃에 전력을 인가하고, 인가 개시부터 2초 후에, Ar 가스 유량을, 층의 형성 종료 시(Mo 타깃에의 전력의 인가 정지 시)의 스퍼터 압력이 0.036Pa이 될 때까지 내리고, 900W의 전력을 22초간 인가하여 두께 3nm의 몰리브덴(Mo)층을 형성하고, Mo 타깃에의 전력의 인가를 정지하였다.

[0067] 몰리브덴(Mo)층의 형성에서는, 스퍼터 압력이 Mo 타깃에의 전력 인가 개시부터 0.10Pa에서 성막한 시간이 2초간, 또한 0.10Pa로부터 0.08Pa에 도달할 때까지(제1 단계)의 시간은 2초간, 스퍼터 압력이 0.08Pa을 하회하고, 0.036Pa이 되어, Mo 타깃에의 전력 인가를 정지할 때까지(제2 단계)의 시간은, 22초였다. 따라서, 제1 단계에 있어서, 몰리브덴(Mo)층 전체의 1/6에 상당하는 두께가 형성되었다.

[0068] 여기까지의 조작을 1 사이클로 하고, 이것을 40 사이클 반복하여, 40 사이클째의 몰리브덴(Mo)층을 형성한 후, 다시 상기 방법으로 규소(Si)층을 형성하여, 다층 반사막으로 하였다. 이 다층 반사막은, 기판측으로부터 규소(Si)층, 몰리브덴(Mo)층의 순으로, 각각 40층이 교대로 적층되고, 추가로 기판으로부터 가장 이격되는 측에 규소(Si)층이 1층 적층되어 있고, 다층 반사막 전체의 막 두께는 약 284nm이다.

[0069] 이어서, 얻어진 다층 반사막의 입사각 6° 의 EUV광(파장 13 내지 14nm)에 대한 반사율을, euv tech.사의 EUV 마스크 전자동 반사율계 LPR-1016으로 측정한 결과, 66.53%였다.

[0070] [비교 실험예 1]

[0071] 한 변이 152㎜인 정사각형, 6.35㎜ 두께의 석영 유리 기판에, Mo 타깃과 Si 타깃을 사용하고, 양쪽 타깃과 기판의 주표면을 대향시켜, 기판을 자전시키면서, DC 펄스 마그네트론 스퍼터링에 의해 다층 반사막을 성막하였다.

[0072] 타깃을 2개 장착할 수 있고, 타깃을 한쪽씩 또는 양쪽 동시에 방전할 수 있는 스퍼터 장치에, 각각의 타깃을 장착하고, 먼저 챔버 내에 Ar 가스를 흘리면서, 챔버 내 압력을 0.10Pa로 유지하면서 Si 타깃에 전력을 인가하고, 1,800W의 전력을 24초간 인가하여 두께 4㎚의 규소(Si)층을 형성하고, Si 타깃에의 전력의 인가를 정지하였다.

[0073] 이어서, 챔버 내에 Ar 가스를 흘리면서, 챔버 내 압력을 0.10Pa로 유지하면서 Mo 타깃에 전력을 인가하고, 900W의 전력을 24초간 인가하여 두께 3㎚의 몰리브덴(Mo)층을 형성하고, Mo 타깃에의 전력의 인가를 정지하였다.

[0074] 여기까지의 조작을 1 사이클로 하고, 이것을 40 사이클 반복하여, 40 사이클째의 몰리브덴(Mo)층을 형성한 후, 다시 상기 방법으로 규소(Si)층을 형성하여, 다층 반사막으로 하였다. 이 다층 반사막은, 기판측으로부터 규소(Si)층, 몰리브덴(Mo)층의 순으로, 각각 40층이 교대로 적층되고, 추가로 기판으로부터 가장 이격되는 측에 규소(Si)층이 1층 적층되어 있고, 다층 반사막 전체의 막 두께는 약 284㎚이다.

[0075] 이어서, 얻어진 다층 반사막의 입사각 6° 의 EUV광(파장 13 내지 14㎚)에 대한 반사율을, euv tech.사의 EUV 마스크 전자동 반사율계 LPR-1016으로 측정한 결과, 66.25%였다.

부호의 설명

[0076] 100, 200, 300 반사형 마스크 블랭크

101 기판

102 다층 반사막

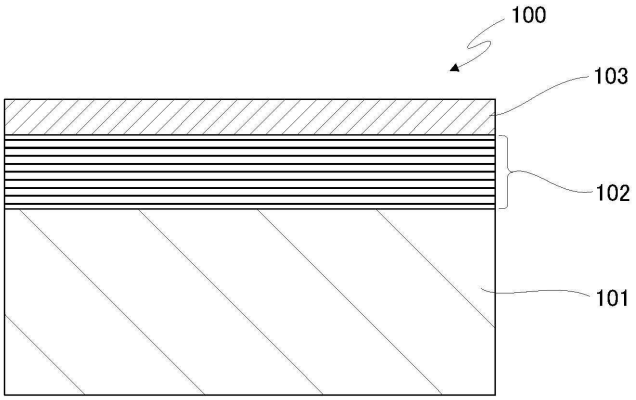
103 흡수체막

104 보호막

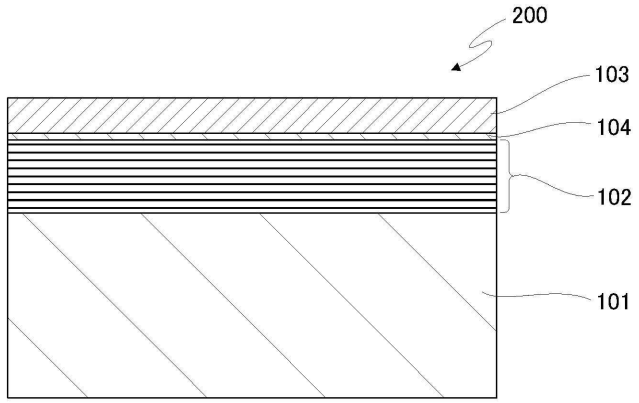
105 도전막

도면

도면1



도면2



도면3

