



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0088075
 (43) 공개일자 2013년08월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G03F 1/22 (2012.01) H01L 21/027 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2013-0010020
 (22) 출원일자 2013년01월29일
 심사청구일자 없음
 (30) 우선권주장
 JP-P-2012-016597 2012년01월30일 일본(JP)
 (뒷면에 계속)

(71) 출원인
 아사히 가라스 가부시키키가이샤
 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1초메 5방 1코
 (72) 발명자
 하야시 가즈유키
 일본 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1초메 5방 1코
 아사히 가라스 가부시키키가이샤 나이
 (74) 대리인
 특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 22 항

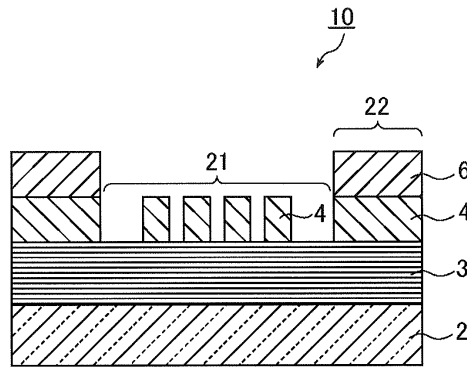
(54) 발명의 명칭 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크, 및 EUV 리소그래피용 반사형 마스크

(57) 요약

(과제) 마스크 패턴 영역보다 외측 영역으로부터의 반사광, 구체적으로는, EUV 광의 파장역의 반사광, 및 DUV-Vis 광의 파장역의 반사광에 의한 영향이 억제된 EUV 마스크, 및 그 EUV 마스크의 제조에 사용하는 EUV 마스크 블랭크의 제공.

(해결 수단) 기판 상에, 마스크 패턴 영역과, 그 마스크 패턴 영역의 외측 영역을 갖고, 상기 마스크 패턴 영역에 있어서, 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층을 가지며, 그 반사층 상에 EUV 광을 흡수하는 흡수층을 갖는 부위와, 상기 흡수층을 갖지 않는 부위의 배치가 마스크 패턴을 이루고, 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역에 있어서, 상기 기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층, 및 EUV 광과 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUV 리소그래피 (EUVL) 용 반사형 마스크로서, 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역의 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크.

대표도 - 도1



(30) 우선권주장

JP-P-2012-174704 2012년08월07일 일본(JP)

JP-P-2012-250089 2012년11월14일 일본(JP)

특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 마스크 패턴 영역과, 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역을 갖고,

상기 마스크 패턴 영역에 있어서, 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층을 가지며, 상기 반사층 상에 EUV 광을 흡수하는 흡수층을 갖는 부위와, 상기 흡수층을 갖지 않는 부위의 배치가 마스크 패턴을 이루고,

상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역에 있어서, 상기 기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층, 및 EUV 광과 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUV 리소그래피 (EUVL) 용 반사형 마스크로서,

상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역의 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 2

기판 상에 마스크 패턴 영역과, 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역을 갖고, 상기 마스크 패턴 영역에 있어서, 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층을 가지며, 상기 반사층 상에 EUV 광을 흡수하는 흡수층 및 마스크 패턴의 검사시에 있어서의 콘트라스트를 양호하게 하기 위한 저반사층을 이 순서대로 갖는 부위와, 상기 흡수층과 저반사층을 갖지 않는 부위의 배치가 마스크 패턴을 이루고,

상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역에 있어서, 상기 기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층과 패턴 검사시에 콘트라스트를 양호하게 하는 저반사층, 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUV 리소그래피 (EUVL) 용 반사형 마스크로서,

상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역의 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 차광층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 차광층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 차광층이 표면층의 층 (상층) 과 기판층의 층 (하층) 의 2 층 구조로 이루어지고,

상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며,

상기 차광층의 하층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 상기 차광층이 표면층의 층 (상층) 과 기판층의 층 (하층) 의 2 층 구조로 이루어지고,
 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고,
 상기 차광층의 하층이 Cr 과 N 을 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
 상기 차광층에 있어서, 상기 상층과 상기 하층 사이에 중간층이 존재하는, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 8

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 상기 차광층이 상기 흡수층층에서 제 1 층과 제 2 층이 교대로 적층된 3 층 이상의 다층 구조를 포함하고,
 상기 제 1 층 및 상기 제 2 층이 서로 상이한 막 조성인 것을 조건으로, 크롬 (Cr) 및 산소 (O) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr) 및 질소 (N) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하는 막으로 이루어지는 군에서 선택되는, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
 상기 다층 구조는, 상기 제 1 층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이며,
 상기 제 2 층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 10

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
 상기 차광층의 막 두께가 10 ~ 100 nm 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 11

제 6 항에 있어서,
 상기 차광막에 있어서, 상기 상층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이고, 상기 하층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이며, 상기 상층 및 상기 하층의 합계 막 두께가 10 ~ 100 nm 인, EUVL 용 반사형 마스크.

청구항 12

기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크로서,
 상기 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 13

기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층과 패턴 검사시에 콘트라스트를 양호하게 하는 저반사층, 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUVL 용 반사형 마스크 블

랭크로서,

상기 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 차광층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 15

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 차광층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 16

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 차광층이 표면층의 층 (상층) 과 기판층의 층 (하층) 의 2 층 구조로 이루어지고,

상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며,

상기 차광층의 하층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 17

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 차광층이 표면층의 층 (상층) 과 기판층의 층 (하층) 의 2 층 구조로 이루어지고,

상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고,

상기 차광층의 하층이 Cr 과 N 을 함유하며, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이고, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 차광층에 있어서, 상기 상층과 상기 하층 사이에 중간층이 존재하는, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 19

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 차광층이 상기 흡수층측에서 제 1 층과 제 2 층이 교대로 적층된 3 층 이상의 다층 구조를 포함하고,

상기 제 1 층 및 상기 제 2 층이 서로 상이한 막 조성인 것을 조건으로, 크롬 (Cr) 및 산소 (O) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr) 및 질소 (N) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하는 막으로 이루어지는 군에서 선택되는, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 다층 구조는, 상기 제 1 층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at % 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이며,

상기 제 2 층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유율이 3 ~ 60 at % 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 21

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 차광층의 막 두께가 10 ~ 100 nm 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 차광막에 있어서, 상기 상층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이고, 상기 하층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이며, 상기 상층 및 상기 하층의 합계 막 두께가 10 ~ 100 nm 인, EUVL 용 반사형 마스크 블랭크.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은, 반도체 제조 등에 사용되는 EUV (Extreme Ultra Violet : 극단 자외) 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크 (이하, 본 명세서에 있어서 「EUV 마스크 블랭크」라고도 한다) 및 그 EUV 마스크 블랭크의 흡수층에 마스크 패턴을 형성하여 이루어지는 EUV 리소그래피용 반사형 마스크 (이하, 본 명세서에 있어서 「EUV 마스크」라고도 한다) 에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래 반도체 산업에 있어서, Si 기판 등에 미세한 패턴으로 이루어지는 집적 회로를 형성하기 위해서 필요한 미세 패턴의 전사 기술로서, 가시광이나 자외광을 사용한 포토리소그래피법이 사용되어 왔다. 그러나, 반도체 디바이스의 미세화가 가속되고 있는 한편, 종래의 포토리소그래피법의 한계에 가까워졌다. 포토리소그래피법의 경우, 패턴의 해상 한계는 노광 파장의 1/2 정도이며, 액침법을 사용해도 노광 파장의 1/4 정도로 알려져 있으며, ArF 레이저 (파장 : 193 nm) 의 액침법을 사용해도 45 nm 정도가 한계일 것으로 예상된다. 그래서 45 nm 이후의 노광 기술로서, ArF 레이저보다 더 단파장인 EUV 광을 사용한 노광 기술인 EUV 리소그래피가 유행되고 있다. 본 명세서에 있어서 EUV 광이란, 연 X 선 영역 또는 진공 자외선 영역의 파장의 광선을 가리키고, 구체적으로는 파장 10 ~ 20 nm 정도, 특히 13.5 nm ± 0.3 nm 정도의 광선을 가리킨다.

[0003] EUV 광은 모든 물질에 대하여 흡수되기 쉽고, 또한 이 파장에서 물질의 굴절률이 1 에 가깝기 때문에, 종래의 가시광 또는 자외광을 사용한 포토리소그래피와 같은 굴절 광학계를 사용할 수 없다. 이 때문에, EUV 광 리소그래피에서는 반사 광학계, 즉 반사형 포토마스크 (이하, 「EUV 마스크」라고도 한다) 와 미러가 사용된다.

[0004] 마스크 블랭크는, 포토마스크에 마스크 패턴을 형성하기 전의 적층체이다. EUV 마스크 블랭크의 경우, 유리 등의 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층과, EUV 광을 흡수하는 흡수층이 이 순서대로 형성된 구조를 갖고 있다 (특허문헌 1 참조). 이 밖에, EUV 마스크 블랭크에는, 반사층과 흡수층 사이에, 흡수층에 마스크 패턴을 형성할 때에 반사층을 보호하기 위한 보호층이 통상적으로 형성되어 있다. 또, 흡수층 상에는 마스크 패턴의 검사시에 있어서의 콘트라스트를 양호하게 하기 위한 저반사층이 통상적으로 형성되어 있다.

[0005] EUV 마스크 블랭크에서는 흡수층의 막 두께를 얇게 하는 것이 바람직하다. EUV 리소그래피에서는, 노광광은 EUV 마스크에 대하여 수직 방향으로 조사되는 것이 아니라, 수직 방향보다 수 도, 통상은 6 도 경사진 방향으로 조사된다. 흡수층의 막 두께가 두꺼우면, EUV 리소그래피시에, 그 흡수층의 일부를 에칭에 의해 제거하여 형성한 마스크 패턴에 노광광에 의한 그림자가 생겨, 그 EUV 마스크를 사용하여 Si 웨이퍼 등의 기판 상 레지스트에 전사되는 마스크 패턴 (이하, 「전사 패턴」이라고 한다) 의 형상 정밀도나 치수 정밀도가 악화되기 쉬워진다. 이 문제는, EUV 마스크 상에 형성되는 마스크 패턴의 선폭이 작아질수록 현저해지기 때문에, EUV 마스크 블랭크의 흡수층의 막 두께를 보다 얇게 하는 것이 요구된다.

[0006] EUV 마스크 블랭크의 흡수층에는 EUV 광에 대한 흡수 계수가 높은 재료가 사용되고, 그 막 두께도 그 흡수층 표

면에 EUV 광을 조사했을 때, 조사한 EUV 광이 흡수층에서 모두 흡수되는 막 두께로 하는 것이 이상적이다. 그러나, 상기한 바와 같이, 흡수층의 막 두께를 얇게 하는 것이 요구되고 있기 때문에, 조사된 EUV 광을 흡수층에서 모두 흡수할 수는 없어, 그 일부는 반사광이 된다.

[0007] EUV 리소그래피에 의해, 기판 상에 형성된 레지스트 상에 전사 패턴을 형성할 때에 요구되는 것은, EUV 마스크에서의 반사광의 콘트라스트, 즉, 마스크 패턴 형성시에 흡수층이 제거되어 반사층이 노출된 부위로부터의 반사광과, 마스크 패턴 형성시에 흡수층이 제거되지 않은 부위로부터의 반사광의 콘트라스트이다. 따라서, 반사광의 콘트라스트를 충분히 확보할 수 있는 한, 조사된 EUV 광이 흡수층에서 모두 흡수되지 않아도 전혀 문제가 없다고 생각되고 있었다. 특허문헌 2 에서는, 상기의 생각에 기초하여, 흡수층의 막 두께를 보다 얇게 하기 위해서, 위상 시프트의 원리를 이용한 EUV 마스크가 제안되어 있다.

[0008] 그러나, 상기 원리 및 막 구성은 실제의 마스크 패턴 영역 (마스크 패턴이 형성되고, EUVL 시에 패턴의 전사에 사용되는 영역) 에 관해서는 문제가 없지만, 패턴 에리어의 외주부에 관해서는 상기 구조에 과제가 있다. 이 점에 대하여, 이하, 도 7 을 사용하여 설명한다. 도 7 은 패턴 형성 후의 EUV 마스크의 일례를 나타내는 개략 단면도이고, 기판 (120) 상에 반사층 (130) 및 흡수층 (140) 을 이 순서대로 갖고 있으며, 마스크 패턴 영역 (210) 에는, 흡수층 (140) 을 일부 제거함으로써 형성된 마스크 패턴이 존재하고 있다. 도 7 에 나타내는 EUV 마스크 (100) 의 마스크 패턴 영역 (210) 에 관해서는, 상기한 위상 시프트의 원리에 의해, 반사층 (130) 표면과 흡수층 (140) 표면의 반사 콘트라스트를 충분히 유지할 수 있다. 그러나, 실제의 노광 영역, 즉 EUV 광이 조사되는 영역은 200 이다. 따라서, 220 으로 나타내는 마스크 패턴 영역 (210) 의 외측 영역에도 EUV 광이 조사되는데, 이 때 반사층 (130) 으로부터의 반사광과의 위상 시프트에 의한 효과가 충분히 얻어지지 않고, 흡수층 (140) 의 표면으로부터 EUV 광에 의해 Si 기판 상의 레지스트에 조사되어, 불필요한 레지스트가 감광되어 버린다는 문제가 생길 우려가 있다. 특히, 중첩 노광을 실시할 때에는 이 문제가 현저해진다.

[0009] 상기 과제를 해결하기 위해서, 특허문헌 3 에서는, 마스크 패턴 영역 (210) 의 외측에 새롭게 EUV 광을 흡수하는 막 (제 2 흡수막) 을 적층하는 구조가 제안되어 있다. 특허문헌 3 에서는, 제 2 흡수막으로서 Cr 막을 형성하고 있다.

[0010] 또, 특허문헌 4 에서는, 마스크 패턴 영역 (210) 의 외주에 접하는 상태에서, 그 마스크 패턴 영역을 둘러싸도록 하여 반사층 (130) 을 흡상으로 제거함으로써, 차광대를 형성하는 것이 제안되어 있다.

[0011] 이들 방법 중, 차광대를 형성하는 방법은, 반사층의 제거에 의해 EUV 마스크의 막 응력이 완화되어, 마스크 패턴의 위치 정밀도가 악화될 우려가 있으므로, 마스크 패턴 영역 (210) 의 외측에 EUV 광을 흡수하는 막을 적층하는 방법이 보다 바람직하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2004-6798호
- (특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 2006-228766호
- (특허문헌 0003) 일본 공개특허공보 2009-141223호
- (특허문헌 0004) 일본 공개특허공보 2011-108942호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 그러나, EUV 광원으로부터 조사되는 광은, EUV 광 영역의 파장 (10 ~ 20 nm) 뿐만 아니라, 심자외광 (Deep Ultra Violet Light) 으로부터 가시광 (Visible Light) 까지의 파장, 구체적으로는 파장 190 ~ 500 nm 의 광 (이하, 「DUV-Vis 광」 이라고 한다) 도 포함되어 있고, 최근 이들 DUV-Vis 광도 레지스트를 감광시켜 버리는 것이 분명해지고 있다.

[0014] 특허문헌 3 에 기재된 기술에서는, 마스크 패턴 영역의 외측에 EUV 광을 흡수하는 막으로서 Cr 막을 적층하고

있는데, Cr 막인 경우, EUV 광 영역의 파장의 광에 대한 반사율이 낮아 유효하지만, DUV-Vis 광에 대해서는 반사율이 높아, DUV-Vis 광의 반사광에 의한 레지스트의 감광이 염려된다.

[0015] 흡수층에는 DUV-Vis 광의 반사광을 저감시키는 작용은 없기 때문에, DUV-Vis 광의 반사광에 의한 레지스트의 감광은, 흡수층으로부터의 EUV 반사광의 반사율이 충분히 낮아, 위상 시프트의 원리를 이용하지 않는 EUV 마스크에서도 문제가 된다고 생각된다.

[0016] 본 발명은, 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해서, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역으로부터의 반사광, 구체적으로는 EUV 광의 파장역의 반사광, 및 DUV-Vis 광의 파장역의 반사광에 의한 영향이 억제된 EUV 마스크, 및 그 EUV 마스크의 제조에 사용하는 EUV 마스크 블랭크의 제공을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0017] 상기 과제를 해결하기 위해서, 본 발명은, 기판 상에 마스크 패턴 영역과, 그 마스크 패턴 영역의 외측 영역을 갖고,

[0018] 상기 마스크 패턴 영역에 있어서, 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층을 가지며, 그 반사층 상에 EUV 광을 흡수하는 흡수층을 갖는 부위와, 상기 흡수층을 갖지 않는 부위의 배치가 마스크 패턴을 이루고,

[0019] 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역에 있어서, 상기 기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층, 및 EUV 광과 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUV 리소그래피 (EUVL) 용 반사형 마스크로서,

[0020] 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역의 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크 (본 발명의 EUV 마스크 (A)) 를 제공한다.

[0021] 또, 본 발명은, 기판 상에 마스크 패턴 영역과, 그 마스크 패턴 영역의 외측 영역을 갖고, 상기 마스크 패턴 영역에 있어서, 상기 기판 상에 EUV 광을 반사하는 반사층을 가지며, 그 반사층 상에 EUV 광을 흡수하는 흡수층 및 마스크 패턴의 검사시에 있어서의 콘트라스트를 양호하게 하기 위한 저반사층을 이 순서대로 갖는 부위와, 상기 흡수층과 저반사층을 갖지 않는 부위의 배치가 마스크 패턴을 이루고,

[0022] 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역에 있어서, 상기 기판 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층과 패턴 검사시에 콘트라스트를 양호하게 하는 저반사층, 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUV 리소그래피 (EUVL) 용 반사형 마스크로서,

[0023] 상기 마스크 패턴 영역의 외측 영역의 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크 (본 발명의 EUV 마스크 (B)) 를 제공한다.

[0024] 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 인 것이 바람직하다.

[0025] 여기서, 상기 차광층은, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 높고, 기판층에 있어서의 O 의 함유율이 낮아지도록, 상기 차광층에 있어서의 O 의 함유율이 그 차광층의 두께 방향을 따라 변화하는 경사 조성막이어도 된다. 차광층이 경사 조성막인 경우, 상기 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 70 at% ~ 85 at% 이고, 상기 기판층에 있어서의 O 의 함유율이 60 at% ~ 70 at% 인 것이 바람직하다.

[0026] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하다.

[0027] 여기서, 상기 차광층은, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 높고, 기판층에 있어서의 O 의 함유율이 낮아지도록, 상기 차광층에 있어서의 O 의 함유율이 그 차광층의 두께 방향을 따라 변화하는 경사 조성막이어도 된다. 차광층이 경사 조성막인 경우, 상기 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 35 at% ~ 75 at% 이고, 상기 기판층에 있어서의 O 의 함유율이 25 at% ~ 35 at% 인 것이 바람직하다.

[0028] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이, 표면층의 층 (이하, 본 명세서에 있어서 「차광층의 상층」이라고 한다) 과 기판층의 층 (이하, 본 명세서에 있어서 「차광층의 하층」이라고 한다) 의 2 층

구조로 이루어지고,

- [0029] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며,
- [0030] 상기 차광층의 하층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.
- [0031] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0032] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고,
- [0033] 상기 차광층의 하층이 Cr 과 N 을 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.
- [0034] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0035] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고,
- [0036] 상기 차광층의 하층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 50 at% 인 것이 바람직하다.
- [0037] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0038] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며,
- [0039] 상기 차광층의 하층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 50 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 바람직하다.
- [0040] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상기 2 층 구조로 이루어지는 경우, 상기 상층 및 상기 하층 중, 적어도 일방이 추가로 2 층 이상으로 나누어져 있어도 된다.
- [0041] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상기 2 층 구조로 이루어지는 경우, 상기 상층과 상기 하층 사이에 중간층이 존재해도 된다.
- [0042] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상기 흡수층측에서 제 1 층과 제 2 층이 교대로 적층된 3 층 이상의 다층 구조를 포함하고,
- [0043] 상기 제 1 층 및 상기 제 2 층이 서로 상이한 막 조성인 것을 조건으로, 크롬 (Cr) 및 산소 (O) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr) 및 질소 (N) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하는 막으로 이루어지는 군에서 선택되어도 된다.
- [0044] 여기서, 상기 다층 구조는, 상기 제 1 층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이며,
- [0045] 상기 제 2 층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.
- [0046] 또, 상기 다층 구조는, 상기 제 1 층과 상기 제 2 층으로 구성되는 층의 수가 3 ~ 20 의 범위인 것이 바람직하다.
- [0047] 또, 상기 다층 구조에 있어서, 상기 제 1 층과 상기 제 2 층 사이에 중간층이 존재해도 된다.
- [0048] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층의 막 두께가 10 ~ 100 nm 인 것이 바람직하다.
- [0049] 여기서, 상기 차광막이 상기 2 층 구조로 이루어지는 경우, 상기 상층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이고, 상기 하층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이며, 상기 상층 및 상기 하층의 합계 막 두께가 10 ~ 100 nm 인 것이 바람직하다.
- [0050] 또, 상기 차광막이 상기 다층 구조를 포함하는 경우, 상기 다층 구조의 합계 막 두께가 10 ~ 100 nm 인 것이 바람직하다.

- [0051] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 흡수층이 탄탈 (Ta) 을 주성분으로 하는 것이 바람직하다.
- [0052] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (A), (B) 에 있어서, 상기 흡수층의 막 두께가 20 ~ 90 nm 인 것이 바람직하다.
- [0053] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (B) 에 있어서, 상기 저반사층이 탄탈 (Ta) 및 산소 (O) 를 주성분으로 하는 것이 바람직하다.
- [0054] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (B) 에 있어서, 상기 저반사층의 막 두께가 2 ~ 10 nm 이고, 상기 저반사층과 흡수층의 합계 막 두께가 30 ~ 90 nm 인 것이 바람직하다.
- [0055] 본 발명의 EUV 마스크 (A) 에 있어서, 상기 흡수층은, 그 흡수층 표면으로부터의 EUV 반사광의 위상이 상기 반사층으로부터의 EUV 반사광의 위상과는 175 ~ 185 도 상이한 층이어도 된다.
- [0056] 본 발명의 EUV 마스크 (B) 에 있어서, 상기 저반사층은, 그 저반사층 표면으로부터의 EUV 반사광의 위상이 상기 반사층으로부터의 EUV 반사광의 위상과는 175 ~ 185 도 상이한 층이어도 된다.
- [0057] 또, 본 발명은, 기관 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크로서,
- [0058] 상기 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크 (본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A)) 를 제공한다.
- [0059] 또, 본 발명은, 기관 상에, EUV 광을 반사하는 반사층, EUV 광을 흡수하는 흡수층과 패턴 검사시에 콘트라스트를 양호하게 하는 저반사층, 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사광을 억제하는 차광층을 이 순서대로 갖는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크로서,
- [0060] 상기 차광층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하인 것을 특징으로 하는 EUVL 용 반사형 마스크 블랭크 (본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (B)) 를 제공한다.
- [0061] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 인 것이 바람직하다.
- [0062] 여기서, 상기 차광층은, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 높고, 기관층에 있어서의 O 의 함유율이 낮아지도록, 상기 차광층에 있어서의 O 의 함유율이 그 차광층의 두께 방향을 따라 변화하는 경사 조성막이어도 된다. 차광층이 경사 조성막인 경우, 상기 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 70 at% ~ 85 at% 이고, 상기 기관층에 있어서의 O 의 함유율이 60 at% ~ 70 at% 인 것이 바람직하다.
- [0063] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, 상기 차광층에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하다.
- [0064] 여기서, 상기 차광층은, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 높고, 기관층에 있어서의 O 의 함유율이 낮아지도록, 상기 차광층에 있어서의 O 의 함유율이 그 차광층의 두께 방향을 따라 변화하는 경사 조성막이어도 된다. 차광층이 경사 조성막인 경우, 상기 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 35 at% ~ 75 at% 이고, 상기 기관층에 있어서의 O 의 함유율이 25 at% ~ 35 at% 인 것이 바람직하다.
- [0065] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0066] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며,
- [0067] 상기 차광층의 하층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유율이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.
- [0068] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0069] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고,
- [0070] 상기 차광층의 하층이 Cr 과 N 을 함유하며, Cr 의 함유율이 40 ~ 97 at% 이고, N 의 함유율이 3 ~ 60 at%

인 것이 바람직하다.

- [0071] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0072] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고,
- [0073] 상기 차광층의 하층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 50 at% 인 것이 바람직하다.
- [0074] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고,
- [0075] 상기 차광층의 상층이 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며,
- [0076] 상기 차광층의 하층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 50 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 바람직하다.
- [0077] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상기 2 층 구조로 이루어지는 경우, 상기 상층 및 상기 하층 중, 적어도 일방이 추가로 2 층 이상으로 나누어져 있어도 된다.
- [0078] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상기 2 층 구조로 이루어지는 경우, 상기 상층과 상기 하층 사이에 중간층이 존재해도 된다.
- [0079] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층이 상기 흡수층측에서 제 1 층과 제 2 층이 교대로 적층된 3 층 이상의 다층 구조를 포함하고,
- [0080] 상기 제 1 층 및 상기 제 2 층이 서로 상이한 막 조성인 것을 조건으로, 크롬 (Cr) 및 산소 (O) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr) 및 질소 (N) 를 함유하는 막, 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하는 막으로 이루어지는 군에서 선택되어도 된다.
- [0081] 여기서, 상기 다층 구조는, 상기 제 1 층이 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이며,
- [0082] 상기 제 2 층이 Cr 과 질소 (N) 를 함유하고, Cr 의 함유율이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유율이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.
- [0083] 또, 상기 다층 구조는, 상기 제 1 층과 상기 제 2 층으로 구성되는 층의 수가 3 ~ 20 의 범위인 것이 바람직하다.
- [0084] 또, 상기 다층 구조에 있어서, 상기 제 1 층과 상기 제 2 층 사이에 중간층이 존재해도 된다.
- [0085] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 차광층의 막 두께가 10 ~ 100 nm 인 것이 바람직하다.
- [0086] 여기서, 상기 차광막이 상기 2 층 구조로 이루어지는 경우, 상기 상층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이고, 상기 하층의 막 두께가 5 ~ 80 nm 이며, 상기 상층 및 상기 하층의 합계 막 두께가 10 ~ 100 nm 인 것이 바람직하다.
- [0087] 또, 상기 차광막이 상기 다층 구조를 포함하는 경우, 상기 다층 구조의 합계 막 두께가 10 ~ 100 nm 인 것이 바람직하다.
- [0088] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 흡수층이 탄탈 (Ta) 을 주성분으로 하는 것이 바람직하다.
- [0089] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A), (B) 에 있어서, 상기 흡수층의 막 두께가 20 ~ 90 nm 인 것이 바람직하다.
- [0090] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (B) 에 있어서, 상기 저반사층이 탄탈 (Ta) 및 산소 (O) 를 주성분으로 하는 것이 바람직하다.
- [0091] 또, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (B) 에 있어서, 상기 저반사층의 막 두께가 2 ~ 10 nm 이고, 상기 저반사층과 흡수층의 합계 막 두께가 30 ~ 90 nm 인 것이 바람직하다.
- [0092] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A) 에 있어서, 상기 흡수층은, 그 흡수층 표면으로부터의 EUV 반사광의 위상이

상기 반사층으로부터의 EUV 반사광의 위상과는 175 ~ 185 도 상이한 층이어도 된다.

[0093] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (B) 에 있어서, 상기 저반사층은, 그 저반사층 표면으로부터의 EUV 반사광의 위상이 상기 반사층으로부터의 EUV 반사광의 위상과는 175 ~ 185 도 상이한 층이어도 된다.

발명의 효과

[0094] 본 발명의 EUV 마스크에서는, 마스크 패턴 영역의 외측에 차광층을 형성함으로써, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역으로부터의 반사광, 구체적으로는 EUV 광의 파장역의 반사광, 및 DUV-Vis 광의 파장역의 반사광을 저감시킬 수 있다.

[0095] 이로써, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역으로부터의 반사광에 의한 기관 상에 형성된 레지스트의 불필요한 감광을 저감시킬 수 있다.

[0096] 마스크 패턴 영역 내에서는 위상 시프트의 원리를 이용함으로써, 흡수층의 막 두께를 얇게 할 수 있다. 따라서, 패턴의 미세화가 가능하고, 그 EUV 마스크를 사용하여 기관 상에 형성된 레지스트에 형성되는 전사 패턴이 형상 정밀도나 치수 정밀도가 우수하다.

[0097] 본 발명의 EUV 마스크는, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크에 의해 얻어진다.

도면의 간단한 설명

[0098] 도 1 은 본 발명의 EUV 마스크 (A) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 2 는 본 발명의 EUV 마스크 (B) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 3 은 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 4 는 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (B) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다.

도 5 는 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (1) 을 설명하기 위한 도이다.

도 6 은 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법의 일례를 설명하기 위한 도이다.

도 7 은 종래의 EUV 마스크의 일 구성예를 나타내는 개략 단면도이다.

도 8 은 TaON 막의 DUV-Vis 광의 반사 특성을 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0099] 이하, 도면을 참조하여 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 및 EUV 마스크에 대하여 설명한다.

[0100] 도 1 은 본 발명의 EUV 마스크 (A) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다. 도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10) 는, 기관 (2) 상에, 마스크 패턴 영역 (21) 과 그 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 을 갖고 있다.

[0101] 마스크 패턴 영역 (21) 은, 마스크 패턴을 갖고, EUVL 시에 패턴의 전사에 사용되는 영역이다. 도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10) 는, 마스크 패턴 영역 (21) 에 있어서, 기관 (2) 상에 EUV 광을 반사하는 반사층 (3) 을 갖고, 그 반사층 (3) 상에는 EUV 광을 흡수하는 흡수층 (4) 을 갖는 부위와 흡수층 (4) 을 갖지 않는 부위가 존재하며, 흡수층 (4) 을 갖는 부위와 흡수층 (4) 을 갖지 않는 부위가 원하는 마스크 패턴을 이루도록 배치되어 있다.

[0102] 한편, 도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10) 는, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 있어서, 기관 (2) 상에 EUV 광을 반사하는 반사층 (3), EUV 광을 흡수하는 흡수층 (4), 및 EUV 광과 DUV-Vis 광의 반사를 억제하는 차광층 (6) 을 이 순서대로 갖고 있다. 여기서, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 의 흡수층 (4) 은, 마스크 패턴을 형성하기 전의 EUV 마스크 블랭크의 단계에 있어서, 마스크 패턴 영역 (21) 의 흡수층 (4) 과 동일한 층을 이루고 있다. 요컨대, 본 발명의 EUV 마스크 (A) 는, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 있어서, 마스크 패턴 영역 (21) 에서의 흡수층 (4) 까지의 구성 (기관 (2), 반사층 (3), 흡수층 (4)) 에 더하여 차광층 (6) 을 추가로 갖는다.

[0103] 이와 같은 구성에 의해, 본 발명의 EUV 마스크 (A) 에서는, 마스크 패턴 영역 (21) 에 존재하는 흡수층 (4) 표면으로부터의 EUV 반사광의 반사율에 비해, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 의 차광층 (6) 표면으로부터의 EUV 반사광의 반사율이 매우 낮아진다. 구체적으로는, 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에

대한 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만인 반사율이 된다. 또한, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 의 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 반사광의 반사율도 낮아진다. 구체적으로는, 파장 190 ~ 500 nm 의 DUV-Vis 광에 대한 반사율도 낮아져, 30 % 이하의 반사율이 된다.

[0104] 상기 서술한 바와 같이, 흡수층의 두께를 얇게 하는 것이 요구되고 있지만, 한편으로 흡수층을 박막화하면, EUV 마스크에 EUV 광을 조사했을 때, 흡수층 표면으로부터는 어느 정도의 반사광이 발생한다. 본 발명의 EUV 마스크 (A) 의 경우, 흡수층 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율은 0.5 ~ 15 % 이다.

[0105] 여기서, 흡수층 표면으로부터의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 이상 2 % 미만인 범위이면, 반사층 표면과 흡수층 표면의 반사 콘트라스트를 충분히 유지할 수 있다. 또, 흡수층 표면으로부터의 평균 EUV 반사율이 2 ~ 15 % 라도, EUV 마스크의 마스크 패턴 영역에서는 위상 시프트의 원리를 이용함으로써, 반사층 표면과 흡수층 표면의 반사 콘트라스트를 충분히 유지할 수 있다.

[0106] 그러나, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역에 대해서는 반사층으로부터의 반사광과의 위상 시프트에 의한 효과가 충분히 얻어지지 않고, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역의 흡수층 표면으로부터의 EUV 반사광에 의해, 예를 들어 Si 기판과 같은 반도체 웨이퍼 상의 레지스트가 감광한다는 문제가 생길 우려가 있다.

[0107] 또, 전술한 바와 같이, EUV 광원으로부터의 광은 EUV 영역의 파장뿐만 아니라, DUV-Vis 영역의 파장의 광도 포함하므로, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역의 흡수층 표면으로부터의 DUV-Vis 반사광에 의해, Si 기판 상의 레지스트가 감광한다는 문제가 생길 우려가 있다. 또한, EUV 마스크의 흡수층은, 후술하는 바와 같이, EUV 광의 흡수 계수가 높은 재료로 구성되어 있으므로, 흡수층 표면으로부터의 EUV 반사광의 반사율을 저감시킬 수 있지만, 흡수층 표면으로부터의 DUV-Vis 반사광의 반사율을 저감시키는 작용은 없다. 이 때문에, 흡수층 표면으로부터의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 이상 2 % 미만이고, 위상 시프트의 원리를 이용하지 않고, 반사층 표면과 흡수층 표면의 반사 콘트라스트를 충분히 유지할 수 있는 경우라도, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역의 흡수층 표면으로부터의 DUV-Vis 반사광에 의해, Si 기판 상의 레지스트가 감광한다는 문제가 생길 우려가 있다.

[0108] 본 발명의 EUV 마스크 (A) 에서는, 마스크 패턴 영역 (21) 의 외측 영역 (22) 에 차광층 (6) 을 형성함으로써, 마스크 패턴 영역 (21) 의 흡수층 (4) 의 두께를 얇게 하면서, 마스크 패턴 영역 (21) 보다 외측 영역 (22) 으로부터의 EUV 반사광의 반사율, 및 DUV-Vis 반사광의 반사율을 저감시킬 수 있다. 그 때문에, EUV 리소그래피시에, 마스크 패턴 영역보다 외측 영역으로부터의 EUV 반사광 및 DUV-Vis 반사광에 의한 상기 문제를 저감시킬 수 있다.

[0109] 이하, EUV 마스크 (A) 의 각 구성 요소에 대하여 설명한다. 또한, 설명상 EUV 마스크의 각 구성 요소를 나타내는 부호에는, 도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10) 에서 사용하고 있는 것을 사용한다. 또한, 이하의 기판 (2) 이나 반사층 (3), 보호층, 흡수층 (4) 의 기재는, EUV 마스크 (A) 뿐만 아니라, 후술하는 EUV 마스크 (B) 에도 동일하게 적용할 수 있다.

[0110] 기판 (2) 은 EUV 마스크용 기판으로서의 특성을 만족시키는 것이 요구된다.

[0111] 그 때문에, 기판 (2) 은, 저열팽창 계수 (구체적으로는, 20 °C 에 있어서의 열팽창 계수가 $0 \pm 0.05 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ 인 것이 바람직하고, 특히 바람직하게는 $0 \pm 0.03 \times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$) 를 갖고, 평활성, 평탄도, 및 EUV 마스크의 세정이나 흡수층에 마스크 패턴을 형성하기 전의 EUV 마스크 블랭크의 세정 등에 사용하는 세정액에 대한 내성이 우수한 것이 바람직하다. 기판 (2) 으로는, 구체적으로는 저열팽창 계수를 갖는 유리, 예를 들어 SiO₂-TiO₂ 계 유리 등을 사용하는데, 이것에 한정되지 않고, β 석영 고용체를 석출한 결정화 유리나 석영 유리나 실리콘이나 금속 등의 기판도 사용할 수 있다.

[0112] 기판 (2) 은, 표면 조도 (rms) 가 JIS-B0601 에서 0.15 nm 이하이고, 평탄도가 100 nm 이하인 평활한 표면을 갖고 있는 것이, EUV 마스크에 있어서 고반사율 및 높은 전사 정밀도가 얻어지기 때문에 바람직하다.

[0113] 기판 (2) 의 크기나 두께 등은 EUV 마스크의 설계값 등에 따라 적절히 결정되지만, 일례를 들면 외형이 가로세로 약 6 인치 (152 mm) 이고, 두께가 약 0.25 인치 (6.3 mm) 이다.

[0114] 기판 (2) 의 성막면 (반사층 (3) 이 형성되는 측의 면) 에는 결점이 존재하지 않는 것이 바람직하다. 그러나, 존재하고 있는 경우라도, 오목상 결점 및/또는 볼록상 결점에 의해 위상 결점이 발생하지 않도록, 오목상 결점의 깊이 및 볼록상 결점의 높이가 2 nm 이하이고, 또한 이들 오목상 결점 및 볼록상 결점의 반값폭이 60 nm

이하인 것이 바람직하다.

- [0115] 반사층 (3) 은, EUV 마스크의 반사층으로서 원하는 특성을 갖는 한 특별히 한정되지 않는다. 여기서, 반사층 (3) 에 특히 요구되는 특성은, 반사층 표면으로부터의 EUV 반사광의 반사율이 높은 것이다. 구체적으로는, 반사층 (3) 표면으로부터의 파장 13.53 nm 에 대한 EUV 반사율의 최대값이 60 % 이상인 것이 바람직하고, 65 % 이상인 것이 보다 바람직하다. 또, 반사층 (3) 상에 보호층이나 저반사층을 형성한 경우라도, 파장 13.53 nm 에 대한 EUV 반사율의 최대값이 60 % 이상인 것이 바람직하고, 65 % 이상인 것이 보다 바람직하다.
- [0116] 반사층 (3) 으로는, EUV 반사광의 반사율을 높게 할 수 있는 점에서, 통상은 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 복수 회 적층시킨 다층 반사막이 사용된다. 반사층 (3) 을 이루는 다층 반사막에 있어서, 고굴절률층에는 Si 가 널리 사용되고, 저굴절률층에는 Mo 가 널리 사용된다. 즉, Mo/Si 다층 반사막이 가장 일반적이다. 단, 다층 반사막은 이것에 한정되지 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, Si/Ru/Mo/Ru 다층 반사막도 사용할 수 있다.
- [0117] 반사층 (3) 을 이루는 다층 반사막을 구성하는 각 층의 막 두께 및 층의 반복 단위수는, 사용하는 막 재료 및 반사층에 요구되는 EUV 광선 반사율에 따라 적절히 선택할 수 있다. Mo/Si 반사막을 예로 들면, 파장 13.53 nm 에 대한 EUV 반사율의 최대값이 60 % 이상인 반사층으로 하려면, 다층 반사막은 막 두께 2.3 ± 0.1 nm 의 Mo 층과 막 두께 4.5 ± 0.1 nm 의 Si 층을 반복 단위수가 30 ~ 60 이 되도록 적층시키면 된다.
- [0118] 또한, 반사층 (3) 을 이루는 다층 반사막을 구성하는 각 층은, 마그네트론 스퍼터링법, 이온 빔 스퍼터링법 등, 주지된 성막 방법을 사용하여 원하는 두께가 되도록 성막하면 된다. 예를 들어, 이온 빔 스퍼터링법을 사용하여 Mo/Si 다층 반사막을 형성하는 경우, 타깃으로서 Si 타깃을 사용하고, 스퍼터링 가스로서 Ar 가스 (가스압 1.3×10^{-2} Pa ~ 2.7×10^{-2} Pa) 를 사용하여, 이온 가속 전압 300 ~ 1500 V, 성막 속도 1.8 ~ 18 nm/min 으로 두께 4.5 nm 가 되도록 Si 막을 성막하고, 다음으로, 타깃으로서 Mo 타깃을 사용하고, 스퍼터링 가스로서 Ar 가스 (가스압 1.3×10^{-2} Pa ~ 2.7×10^{-2} Pa) 를 사용하여, 이온 가속 전압 300 ~ 1500 V, 성막 속도 1.8 ~ 18 nm/min 으로 두께 2.3 nm 가 되도록 Mo 막을 성막하는 것이 바람직하다. 이것을 1 주기로 하여 Si 막 및 Mo 막을 30 ~ 60 주기 적층시킴으로써 Mo/Si 다층 반사막이 성막된다. 또한, Si 타깃으로는, B 를 도프한 Si 타깃이 도전성 면에서 바람직하다.
- [0119] 반사층 (3) 표면이 산화되는 것을 방지하기 위해서, 반사층 (3) 을 이루는 다층 반사막의 최상층은 산화되기 어려운 재료의 층이 바람직하다. 산화되기 어려운 재료의 층은, 반사층 (3) 의 캡층으로서 기능한다. 캡층으로서 기능하는 산화되기 어려운 재료의 층의 구체예로는 Si 층을 예시할 수 있다. 반사층 (3) 을 이루는 다층 반사막이 Mo/Si 막인 경우, 최상층을 Si 층으로 함으로써, 그 최상층을 캡층으로서 기능시킬 수 있다. 그 경우, 캡층의 막 두께는 11 ± 2 nm 가 바람직하다.
- [0120] 또, 반사층 (3) 과 흡수층 (4) 사이에 보호층이 형성되어도 된다. 보호층은, 에칭 (통상은 드라이 에칭) 에 의해 흡수층 (4) 에 마스크 패턴을 형성할 때에, 반사층 (3) 이 에칭에 의한 데미지를 받지 않도록 반사층 (3) 을 보호하는 것을 목적으로 하여 형성된다. 따라서 보호층의 재질로는, 흡수층 (4) 의 에칭에 의한 영향을 받기 어려운, 요컨대 이 에칭 속도가 흡수층 (4) 보다 느리고, 게다가 이 에칭에 의한 데미지를 받기 어려운 물질이 선택된다. 이 조건을 만족시키는 물질로는, 예를 들어 Cr, Al, Ta 및 이들의 질화물, Ru 및 Ru 화합물 (RuB, RuSi 등), 그리고 SiO₂, Si₃N₄, Al₂O₃ 이나 이들의 혼합물이 예시된다. 이들 중에서도 Ru 및 Ru 화합물 (RuB, RuSi 등), CrN 및 SiO₂ 가 바람직하고, Ru 및 Ru 화합물 (RuB, RuSi 등) 이 특히 바람직하다.
- [0121] 또, 보호층을 형성하는 경우, 그 두께는 1 ~ 60 nm 가 바람직하고, 1 ~ 40 nm 가 보다 바람직하다.
- [0122] 보호층을 형성하는 경우, 마그네트론 스퍼터링법, 이온 빔 스퍼터링법 등 주지된 성막 방법을 사용하여 성막한다. 마그네트론 스퍼터링법에 의해 Ru 막을 성막하는 경우, 타깃으로서 Ru 타깃을 사용하고, 스퍼터링 가스로서 Ar 가스 (가스압 1.0×10^{-2} Pa ~ 10×10^{-1} Pa) 를 사용하여, 투입 전력 30 ~ 1500 V, 성막 속도 1.2 ~ 60 nm/min 으로 두께 2 ~ 5 nm 가 되도록 성막하는 것이 바람직하다.
- [0123] 흡수층 (4) 에 특히 요구되는 특성은, 반사층 (3) (그 반사층 (3) 상에 보호층이 형성되어 있는 경우에는 그 보호층. 이하 동일) 과의 관계에서, EUV 반사광의 콘트라스트가 충분히 높은 것이다. 상기한 특성을 달성하려면, 흡수층 (4) 표면으로부터의 EUV 반사광의 반사율을 매우 낮게 하는 것이 바람직하다. 그러나, 상기와 같이 흡수층 (4) 의 막 두께를 얇게 하는 것이 요구되고 있기 때문에, 흡수층 (4) 표면으로부터의 EUV 반사

광의 반사율을 낮게 하는 것만으로 EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높게 하는 것이 어려운 경우, 흡수층 (4) 으로부터의 반사광과, 반사층 (3) 으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용하여, EUV 반사광의 콘트라스트를 높게 해도 된다.

- [0124] 상기 서술한 바와 같이, 흡수층 (4) 표면으로부터의 EUV 반사광의 반사율은 0.5 ~ 15 % 이다.
- [0125] 흡수층 표면으로부터의 평균 EUV 반사율이 2 ~ 15 % 인 경우, 위상 시프트의 원리를 이용하여 EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높이기 위해서, 흡수층 (4) 으로부터의 EUV 반사광과 반사층 (3) 으로부터의 EUV 반사광의 위상차가 175 ~ 185 도인 것이 바람직하다.
- [0126] 한편, 흡수층 표면으로부터의 평균 EUV 반사율이 0.5 % 이상 2 % 미만인 범위이면, 위상 시프트의 원리를 이용하지 않아도 EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높일 수 있다. 이 경우, 흡수층 (4) 으로부터의 EUV 반사광과 반사층 (3) 으로부터의 EUV 반사광 사이에 위상차를 형성하지 않아도 된다.
- [0127] 상기 특성을 달성하기 위해서, 흡수층 (4) 은 EUV 광의 흡수 계수가 높은 재료로 구성된다. EUV 광의 흡수 계수가 높은 재료로는, 탄탈 (Ta) 을 주성분으로 하는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 본 명세서에 있어서, 탄탈 (Ta) 을 주성분으로 하는 재료라고 하였을 경우, 당해 재료 중 Ta 를 40 at% 이상 함유하는 재료를 의미한다. 흡수층 (4) 은 50 at% 이상 탄탈 (Ta) 을 함유하고 있으면 바람직하고, 55 at% 이상 함유하고 있으면 보다 바람직하다.
- [0128] 흡수층 (4) 에 사용하는 Ta 를 주성분으로 하는 재료는, Ta 이외에 하프늄 (Hf), 규소 (Si), 지르코늄 (Zr), 게르마늄 (Ge), 붕소 (B), 팔라듐 (Pd), 수소 (H) 및 질소 (N) 중 적어도 1 성분을 함유하는 것이 바람직하다. Ta 이외의 상기 원소를 함유하는 재료의 구체예로는, 예를 들어 TaN, TaNH, TaHf, TaHfN, TaBSi, TaBSiN, TaB, TaBN, TaSi, TaSiN, TaGe, TaGeN, TaZr, TaZrN, TaPd, TaPdN 등을 들 수 있다.
- [0129] 또, 흡수층 (4) 의 두께는 20 ~ 90 nm 가 바람직하고, 30 ~ 90 nm 가 보다 바람직하다.
- [0130] 흡수층 (4) 의 두께가 20 nm 이상 65 nm 미만인 경우에는, 위상 시프트의 원리를 이용하여 EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높이는 것이 바람직하다.
- [0131] 또한, 위상 시프트의 원리를 이용하여 EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높이는 경우에는, 흡수층 (4) 으로부터의 EUV 반사광과 반사층 (3) 으로부터의 EUV 반사광의 위상차가 175 ~ 185 도가 되도록 흡수층 (4) 의 두께를 선택한다.
- [0132] 흡수층 (4) 의 두께가 65 nm 이상 90 nm 이하인 경우에는, 흡수층 표면으로부터의 EUV 반사율이 충분히 낮아지기 때문에, 위상 시프트의 원리를 이용하지 않아도, EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높일 수 있다.
- [0133] 상기한 구성의 흡수층 (4) 은, 공지된 성막 방법, 예를 들어 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다.
- [0134] 예를 들어, 흡수층 (4) 으로서 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 TaNH 막을 형성하는 경우, 타깃으로서 Ta 타깃을 사용하고, 스퍼터링 가스로서 Ar 과 N₂ 와 H₂ 의 혼합 가스 (H₂ 가스 농도 1 ~ 30 vol%, N₂ 가스 농도 5 ~ 75 vol%, Ar 가스 농도 10 ~ 94 vol%, 가스압 0.5 × 10⁻¹ Pa ~ 1.0 Pa), 투입 전력 300 ~ 2000 W, 성막 속도 0.5 ~ 60 nm/min 이고, 두께 20 ~ 90 nm 가 되도록 성막하는 것이 바람직하다.
- [0135] 상기 서술한 바와 같이, 본 발명의 EUV 마스크 (A) (도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10)) 에 있어서, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 형성되는 흡수층 (4) 은, 마스크 패턴을 형성하기 전의 EUV 마스크 블랭크의 단계에 있어서, 마스크 패턴 영역 (21) 의 흡수층 (4) 과 동일한 층을 이루고 있다. 따라서, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 형성되는 흡수층 (4) 에 대해서는, 상기 마스크 패턴 영역 (21) 의 흡수층 (4) 에 관한 기재를 동일하게 적용할 수 있다.
- [0136] 차광층 (6) 에 요구되는 특성은, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 있어서의 차광층 (6) 표면으로부터의 EUV 반사광의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이고, 또한 파장 190 ~ 500 nm 에 대한 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하이다. 단, 본 발명의 EUV 마스크 (A) 는, 흡수층 (4) 및 차광층 (6) 을 합한 층 구조 전체에서 상기 반사율을 달성할 수 있으면 된다.
- [0137] 상기 특성 중, EUV 광에 대한 저반사 특성을 만족시키기 위해서, 차광층 (6) 은, EUV 광에 대하여 흡수가 큰 재료로 구성하는 것이 바람직하다. 한편, DUV-Vis 광에 대한 저반사 특성을 만족시키기 위해서는, DUV-Vis 광

의 파장역 (190 ~ 500 nm) 에 대하여, 투명한 (흡수가 작은) 재료로 구성하는 것이 바람직하다.

- [0138] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 일 구성예는, 크롬 (Cr) 과 산소 (O) 를 함유하는 CrO 막이고, 그 CrO 막은 Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이다.
- [0139] Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않기 때문에, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0140] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 의 함유율이 65 ~ 85 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이고, O 의 함유율이 70 ~ 85 at% 인 것이 보다 바람직하다.
- [0141] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막) 는, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 높고, 기판 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 낮아지도록, 차광층 (6) 에 있어서의 O 의 함유율이 그 차광층 (6) 의 두께 방향을 따라 변화하는 경사 조성막이어도 된다. 또한, 상기 경사 조성막은, 차광층 (6) 중의 O 의 함유율이 그 차광층 (6) 의 두께 방향을 따라 연속적으로 변화하는 것이어도 되고, O 의 함유율이 상이한 층을 복수 적층한 것이어도 된다.
- [0142] 상기한 차광층 (6) 의 구성예가 경사 조성막인 경우, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 70 at% ~ 85 at% 이고, Cr 의 함유율이 15 at% ~ 30 at% 이며, 기판 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 60 at% ~ 70 at% 이고, Cr 의 함유율이 30 at% ~ 40 at% 인 것이 바람직하다.
- [0143] 또한, 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막) 가 경사 조성막인 경우, 그 차광막 (6) 에 있어서의 Cr 의 평균 함유율 및 O 의 평균 함유율이 전 단락에 기재한 조건을 만족시킨다.
- [0144] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막) 가 경사 조성막인 경우, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 72 at% ~ 85 at% 이고, Cr 의 함유율이 15 at% ~ 28 at% 이며, 기판 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 62 at% ~ 70 at% 이고, Cr 의 함유율이 30 at% ~ 38 at% 인 것이 보다 바람직하며, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 75 at% ~ 85 at% 이고, Cr 의 함유율이 15 at% ~ 25 at% 이며, 기판 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 65 at% ~ 70 at% 이고, Cr 의 함유율이 30 at% ~ 35 at% 인 것이 더욱 바람직하다.
- [0145] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 다른 일 구성예는, Cr, O 및 질소 (N) 를 함유하는 CrON 막이고, 그 CrON 막은 Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이다.
- [0146] Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0147] 또, 9 : 1 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 후술하는 순서에 따라, 스퍼터링법에 의해 CrON 막을 형성하는 경우, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높은 막을 형성하는 것은 곤란하다.
- [0148] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 65 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 70 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 보다 바람직하다.
- [0149] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막) 는, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 높고, 기판 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 낮아지도록, 차광층 (6) 에 있어서의 O 의 함유율이 그 차광층 (6) 의 두께 방향을 따라 변화하는 경사 조성막이어도 된다. 또한, 상기 경사 조성막은, 차광층 (6) 중의 O 의 함유율이 그 차광층 (6) 의 두께 방향을 따라 연속적으로 변화하는 것이어도 되고, O 의 함유율이 상이한 층을 복수 적층한 것이어도 된다.
- [0150] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막) 가 경사 조성막인 경우, 표면층에 있어서의 O 의 함유율이 35 at% ~ 75 at% 이고, 기판 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 25 at% ~ 35 at% 인 것이 바람직하다. 여기서, 표

면측에 있어서의 Cr 의 함유율이 15 at% ~ 30 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 70 at% ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 기관 (2) 측에 있어서의 Cr 의 함유율이 30 at% ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 at% ~ 70 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 5 : 5 ~ 4 : 6 인 것이 바람직하다.

[0151] 또한, 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막) 가 경사 조성막인 경우, 그 차광막 (6) 에 있어서의 Cr 의 평균 함유율 및 O 및 N 의 합계 함유율의 평균값이 전 단락에 기재한 조건을 만족시킨다.

[0152] 상기한 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막) 가 경사 조성막인 경우, 표면측에 있어서의 O 의 함유율이 36 at% ~ 75 at% 이고, 기관 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 25 at% ~ 33 at% 인 것이 보다 바람직하다. 여기서, 표면측에 있어서의 Cr 의 함유율이 15 at% ~ 28 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 72 at% ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 기관 (2) 측에 있어서의 Cr 의 함유율이 33 at% ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 at% ~ 67 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 5 : 5 ~ 4 : 6 인 것이 보다 바람직하다. 또, 표면측에 있어서의 O 의 함유율이 38 at% ~ 75 at% 이고, 기관 (2) 측에 있어서의 O 의 함유율이 25 at% ~ 32 at% 인 것이 더욱 바람직하다. 여기서, 표면측에 있어서의 Cr 의 함유율이 15 at% ~ 25 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 75 at% ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 기관 (2) 측에 있어서의 Cr 의 함유율이 35 at% ~ 40 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 60 at% ~ 65 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 5 : 5 ~ 4 : 6 인 것이 더욱 바람직하다.

[0153] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 다른 일 구성예는, 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고, 차광층 (6) 의 상층이 Cr 과 O 를 함유하는 CrO 막이며, 그 차광층 (6) 의 상층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, 그 차광층 (6) 의 하층이 Cr 과 N 을 함유하는 CrN 막이고, 그 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 이다.

[0154] 그 차광층 (6) 의 상층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.

[0155] 그 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 at% 미만 (즉, N 의 함유율이 60 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 97 at% 초과 (즉, N 이 3 at% 미만) 이면, 결정화나 응력이 커지는 등의 문제가 있다.

[0156] 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막/CrN 막) 에 있어서, 차광층 (6) 의 상층 (CrO 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 의 함유율이 65 ~ 85 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이고, O 의 함유율이 70 ~ 85 at% 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 은, Cr 의 함유율이 40 ~ 95 at% 이고, N 이 5 ~ 60 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 40 ~ 90 at% 이고, N 이 10 ~ 60 at% 인 것이 더욱 바람직하다.

[0157] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 또 다른 일 구성예는, 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고, 차광층 (6) 의 상층이 Cr, O 및 N 을 함유하는 CrON 막이며, 그 차광층 (6) 의 상층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 차광층 (6) 의 하층이 Cr 과 N 을 함유하는 CrN 막이며, 그 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이고, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 이다.

[0158] 그 차광층 (6) 의 상층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 9 : 1 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 후술하는 순서에 따라, 스퍼터링법에 의해 CrON 막을 형성하는 경우, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높은 막을 형성하는 것은 곤란하다.

[0159] 그 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 at% 미만 (즉, N 의 함유율이 60 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이

97 at% 초과 (즉, N 이 3 at% 미만) 이면, 결정화나 응력이 커지는 등의 문제가 있다.

- [0160] 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막/CrN 막) 에 있어서, 차광층 (6) 의 상층 (CrON 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 65 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 70 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 은, Cr 의 함유율이 40 ~ 95 at% 이고, N 이 5 ~ 60 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 40 ~ 90 at% 이고, N 이 10 ~ 60 at% 인 것이 더욱 바람직하다.
- [0161] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 또 다른 일 구성예는, 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고, 차광층 (6) 의 상층이 Cr, O 및 N 을 함유하는 CrON 막이며, 그 차광층 (6) 의 상층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 차광층 (6) 의 하층이 Cr 과 O 를 함유하는 CrO 막이며, 그 차광층 (6) 의 하층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 50 at% 이다.
- [0162] 그 차광층 (6) 의 상층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 9 : 1 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 후술하는 순서에 따라, 스퍼터링법에 의해 CrON 막을 형성하는 경우, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높은 막을 형성하는 것은 곤란하다.
- [0163] 그 차광층 (6) 의 하층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 50 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 80 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 20 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0164] 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예 (CrON 막/CrO 막) 에 있어서, 차광층 (6) 의 상층 (CrON 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 65 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 70 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 차광층 (6) 의 하층 (CrO 막) 은, Cr 의 함유율이 55 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 45 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 60 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 40 at% 인 것이 보다 바람직하다.
- [0165] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 또 다른 일 구성예는, 상층과 하층의 2 층 구조로 이루어지고, 차광층 (6) 의 상층이 Cr 과 O 를 함유하는 CrO 막이며, 그 차광층 (6) 의 상층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, 차광층 (6) 의 하층이 Cr, O 및 N 을 함유하는 CrON 막이고, 그 차광층 (6) 의 하층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 50 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 이다.
- [0166] 그 차광층 (6) 의 상층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0167] 그 차광층 (6) 의 하층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 50 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 80 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 20 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 3 : 7 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 2 : 8 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0168] 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막/CrON 막) 에 있어서, 차광층 (6) 의 상층 (CrO

막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 의 함유율이 65 ~ 85 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이고, O 의 함유율이 70 ~ 85 at% 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 차광층 (6) 의 하층 (CrON 막) 은, Cr 의 함유율이 55 ~ 80 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 45 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 60 ~ 80 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 40 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 보다 바람직하다.

[0169] 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막/CrN 막), (CrON 막/CrN 막), (CrON 막/CrO 막), (CrO 막/CrON 막) 에 있어서, 상층 및 하층 중, 적어도 일방이 추가로 2 층 이상으로 나누어져 있어도 된다. 상층 및 하층 중, 적어도 일방이 추가로 2 층 이상으로 나누어진 구성의 구체예로는, 상층 및 하층을 구성하는 원소의 함유율이 상이한 층을 복수 적층한 것을 들 수 있다.

[0170] 또, 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예 (CrO 막/CrN 막), (CrON 막/CrN 막), (CrON 막/CrO 막), (CrO 막/CrON 막) 에 있어서, 상층과 하층 사이에 중간층이 존재해도 된다. 이와 같은 중간층의 구체예로는, 상층 및 하층 중, 적어도 일방으로부터 확산된 원소를 함유하는 결과, 상층 및 하층의 중간이 되는 조성층을 들 수 있다.

[0171] 상기한 차광막의 구성예 (CrO 막, CrON 막), 그리고 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층의 구성예의 상층 및 하층 (CrO 막, CrON 막, CrN 막) 은, 차광막으로서의 특성에 악영향을 미치지 않는 다른 원소를 함유해도 된다. 이와 같은 다른 원소의 구체예로는, 탄소 (C), 붕소 (B), 수소 (H) 가 예시된다. 이들 원소의 합계 함유율은 7 at% 이하가 바람직하고, 5 at% 이하가 보다 바람직하며, 3 at% 이하가 더욱 바람직하다.

[0172] 상기 특성을 만족시키는 차광층 (6) 의 다른 일 구성예는, 차광층 (6) 이 제 1 층과 제 2 층이 교대로 적층된 3 층 이상의 다층 구조를 포함한다. 여기서, 「교대로 적층시킨 3 층 이상의 다층 구조」란, 제 1 층과 제 2 층이 교대로 합계 3 층 이상이 적층된 구성을 가리킨다. 요컨대, 제 1 층/제 2 층/제 1 층, 제 1 층/제 2 층/제 1 층/제 2 층, 제 1 층/제 2 층/제 1 층/제 2 층/제 1 층 등의 다층 구조를 포함한다.

[0173] 여기서, 다층 구조를 구성하는 제 1 층 및 제 2 층은 서로 상이한 막 조성인 것을 조건으로, 크롬 (Cr) 및 산소 (O) 를 함유하는 막 (CrO 막), 크롬 (Cr) 및 질소 (N) 를 함유하는 막 (CrN 막), 크롬 (Cr), 산소 (O) 및 질소 (N) 를 함유하는 막 (CrON 막) 으로 이루어지는 군에서 선택된다. 요컨대, 제 1 층 및 제 2 층의 조합은 이들 막으로부터 6 가지 선택할 수 있지만, 어느 조합이어도 된다. 여기서, 제 1 층은, 차광층 (6) 중, 적층 개시층, 요컨대, 흡수층 (4) 측에 있는 층을 가리킨다. 상기 서술한 바와 같이, 차광층 (6) 에서는 제 1 층과 제 2 층이 교대로 적층된다. 따라서, 제 2 층은, 그 적층 개시층에 적층되는 층을 가리킨다. 그리고, 제 2 층에는 제 1 층, 그 제 1 층에는 제 2 층으로 교대로 적층된다.

[0174] 또, 「교대로 적층시킨 다층 구조」는, 합계 20 층 이내이면 바람직하고, 합계 10 층 이내이면 보다 바람직하다. 또, 제 1 층과 제 2 층 사이에 중간층이 존재해도 되고, 이와 같은 중간층의 구체예로는, 제 1 층과 제 2 층 중, 적어도 일방으로부터 확산된 원소를 함유하는 결과, 제 1 층 및 제 2 층의 중간이 되는 조성층을 들 수 있다.

[0175] 이하, 다층 구조를 구성하는 제 1 층 및 제 2 층의 6 가지의 조합 중, 대표적인 4 가지의 조합에 대하여 예시하지만, 이 밖의 조합으로서, 제 1 층이 CrN 막이고, 제 2 층이 CrO 막인 경우, 제 1 층이 CrN 막이고, 제 2 층이 CrON 막인 경우가 있다.

[0176] 여기서, 제 1 층이 CrON 막이고, 제 2 층이 CrN 막이 되는 조합을 생각한다. 이 때, 제 1 층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 제 2 층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이며, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.

[0177] 그리고, 제 1 층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 9 : 1 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 후술하는 순서에 따라, 스퍼터링법에 의해 CrON 막을 형성하는 경우, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높은 막을 형성하는 것은 곤란하다.

- [0178] 제 2 층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 at% 미만 (즉, N 의 함유율이 60 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 97 at% 초과 (즉, N 이 3 at% 미만) 이면, 결정화나 응력이 커지는 등의 문제가 있다.
- [0179] 상기한 다층 구조의 구성예에 있어서, 제 1 층 (CrON 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 65 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 70 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 제 2 층 (CrN 막) 은, Cr 의 함유율이 40 ~ 95 at% 이고, N 이 5 ~ 60 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 40 ~ 90 at% 이고, N 이 10 ~ 60 at% 인 것이 더욱 바람직하다.
- [0180] 다음으로, 제 1 층이 CrO 막이고, 제 2 층이 CrN 막이 되는 조합을 생각한다.
- [0181] 이 때, 제 1 층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, 제 2 층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 ~ 97 at% 이고, N 의 함유량이 3 ~ 60 at% 인 것이 바람직하다.
- [0182] 그리고, 제 1 층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0183] 제 2 층 (CrN 막) 에 있어서, Cr 의 함유량이 40 at% 미만 (즉, N 의 함유율이 60 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 97 at% 초과 (즉, N 이 3 at% 미만) 이면, 결정화나 응력이 커지는 등의 문제가 있다.
- [0184] 상기한 다층 구조의 구성예에 있어서, 제 1 층 (CrO 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 의 함유율이 65 ~ 85 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이고, O 의 함유율이 70 ~ 85 at% 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 제 2 층 (CrN 막) 은, Cr 의 함유율이 40 ~ 95 at% 이고, N 이 5 ~ 60 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 40 ~ 90 at% 이고, N 이 10 ~ 60 at% 인 것이 더욱 바람직하다.
- [0185] 다음으로, 제 1 층이 CrON 막이고, 제 2 층이 CrO 막이 되는 조합을 생각한다.
- [0186] 이 때, 제 1 층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 이고, 제 2 층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 50 at% 인 것이 바람직하다.
- [0187] 그리고, 제 1 층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 9 : 1 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 후술하는 순서에 따라, 스퍼터링법에 의해 CrON 막을 형성하는 경우, 5 : 5 보다 N 의 조성비가 높은 막을 형성하는 것은 곤란하다.
- [0188] 제 2 층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 50 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 80 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 20 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0189] 상기한 다층 구조의 구성예에 있어서, 제 1 층 (CrON 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 65 ~ 85 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 70 ~ 85 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 9 : 1 ~ 5 : 5 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 제 2 층 (CrO 막) 은, Cr 의 함유율이 55 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 45 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 60 ~ 80 at% 이고, O 의 함유율이 20 ~ 40 at% 인 것이 보다 바람직하다.

- [0190] 다음으로, 제 1 층이 CrO 막이고, 제 2 층이 CrON 막이 되는 조합을 생각한다.
- [0191] 이 때, 제 1 층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 ~ 40 at% 이고, O 의 함유율이 60 ~ 85 at% 이며, 제 2 층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 ~ 80 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 50 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 바람직하다.
- [0192] 그리고, 제 1 층 (CrO 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 15 at% 미만 (즉, O 의 함유율이 85 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 40 at% 초과 (즉, O 의 함유율이 60 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0193] 제 2 층 (CrON 막) 에 있어서, Cr 의 함유율이 50 at% 미만 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 50 at% 초과) 이면, EUV 광에 대한 흡수가 작고, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되지 않는다. 한편, Cr 의 함유율이 80 at% 초과 (즉, O 와 N 의 합계 함유율이 20 at% 미만) 이면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다. 또, 3 : 7 보다 O 의 조성비가 높은 경우, N 함유에 의한 평활성의 향상을 기대할 수 없다. 한편, 2 : 8 보다 N 의 조성비가 높으면, DUV-Vis 광에 대한 흡수가 크고 저반사 특성이 얻어지지 않으므로, DUV-Vis 반사율이 30 % 이하가 되지 않는다.
- [0194] 상기한 다층 구조의 구성예에 있어서, 제 1 층 (CrO 막) 은, Cr 의 함유율이 15 ~ 35 at% 이고, O 의 함유율이 65 ~ 85 at% 인 것이 바람직하며, Cr 의 함유율이 15 ~ 30 at% 이고, O 의 함유율이 70 ~ 85 at% 인 것이 보다 바람직하다. 한편, 제 2 층 (CrON 막) 은, Cr 의 함유율이 55 ~ 80 at% 이고, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 45 at% 이며, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 바람직하고, Cr 의 함유율이 60 ~ 80 at% 이며, O 및 N 의 합계 함유율이 20 ~ 40 at% 이고, O 와 N 의 조성비가 3 : 7 ~ 2 : 8 인 것이 보다 바람직하다.
- [0195] 차광층 (6) 의 막 두께는, 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되는 막 두께가 되도록 임의로 선택할 수 있다. 그러나, DUV-Vis 광으로 저반사 특성을 얻기 위해서는, 차광층 (6) 의 막 두께는 10 ~ 100 nm 의 범위가 바람직하다. 차광층 (6) 의 막 두께가 10 nm 미만이면, DUV-Vis 반사율을 30 % 이하로 할 수 없다. 한편, 100 nm 이상이면, 마스크 제조시의 패턴 정밀도가 악화되고, 성막 시간이 길어지는 것에 의한 성막 비용이 높아진다는 등의 점에서 바람직하지 않다.
- [0196] 차광층 (6) 의 막 두께는 10 ~ 95 nm 가 바람직하고, 10 ~ 90 nm 가 보다 바람직하다.
- [0197] 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광막 (6) 의 구성예의 경우, 상층 및 하층의 합계 막 두께가 전 단락에 기재한 조건을 만족시킨다. 이 전제하에서 상층의 막 두께는 5 ~ 80 nm 가 바람직하고, 10 ~ 80 nm 가 보다 바람직하며, 15 ~ 80 nm 가 더욱 바람직하다. 한편, 하층의 막 두께는 5 ~ 80 nm 가 바람직하고, 10 ~ 80 nm 가 보다 바람직하며, 15 ~ 80 nm 가 더욱 바람직하다.
- [0198] 또, 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예에 있어서, 상층 및 하층 중, 적어도 일방이 추가로 2 층 이상으로 나누어져 있는 경우, 2 층 이상으로 나누어진 각 층의 막 두께는 5 ~ 40 nm 가 바람직하고, 7 ~ 40 nm 가 보다 바람직하며, 10 ~ 40 nm 가 더욱 바람직하다.
- [0199] 또, 상기한 2 층 구조로 이루어지는 차광층 (6) 의 구성예에 있어서, 상층과 하층 사이에 중간층이 존재하는 경우, 그 중간막의 막 두께는 5 ~ 40 nm 가 바람직하고, 7 ~ 40 nm 가 보다 바람직하며, 10 ~ 40 nm 가 더욱 바람직하다.
- [0200] 상기한 다층 구조로 이루어지는 차광막 (6) 의 구성예의 경우, 제 1 층 및 제 2 층의 막 두께는 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만이 되는 막 두께가 되도록 각각 임의로 선택할 수 있다. 그러나, DUV-Vis 광으로 저반사 특성을 얻기 위해서는, 다층 구조의 합계 막 두께는 10 ~ 100 nm 의 범위가 바람직하다. 다층 구조의 합계 막 두께가 10 nm 미만이면, DUV-Vis 반사율을 30 % 이하로 할 수 없다. 한편, 100 nm 이상이면, 마스크 제조시의 패턴 정밀도가 악화되고, 성막 시간이 길어지는 것에 의한 성막 비용이 높아진다는 등의 점에서 바람직하지 않다.
- [0201] 또, 마스크 제조시의 패턴 정밀도의 악화나, 성막 비용의 증가의 방지라는 관점에서, 흡수층 (4) 과 차광막 (6) 의 합계 막 두께는 160 nm 이하가 바람직하고, 155 nm 가 보다 바람직하다.
- [0202] 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 광에 대한 반사율은 27 % 이하인 것이 바람직하고, 25 % 이하인 것이 더

욱 바람직하다.

[0203] 상기한 구성의 차광층 (6) 은, 공지된 성막 방법, 예를 들어, 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온 빔 스퍼터링법을 실시함으로써 형성할 수 있다. 이하에, 차광층 (6) 으로서 CrO 막, CrON 막 및 CrN 막을 마그네트론 스퍼터링법에 의해 형성하는 경우의 방법을 나타낸다.

[0204] CrO 막인 경우

[0205] 타깃 : Cr 타깃

[0206] 스퍼터링 가스 : Ar 과 O₂ 의 혼합 가스 (Ar 가스 농도 30 ~ 50 vol%, O₂ 가스 농도 50 ~ 70 vol%, 가스압 0.5 × 10⁻¹ Pa ~ 1.0 Pa)

[0207] 투입 전력 : 300 ~ 2000 W

[0208] 성막 속도 : 0.5 ~ 60 nm/min

[0209] CrON 막인 경우

[0210] 타깃 : Cr 타깃

[0211] 스퍼터링 가스 : Ar 과 N₂ 와 O₂ 의 혼합 가스 (Ar 가스 농도 30 ~ 50 vol%, N₂ 가스 농도 5 ~ 30 vol%, O₂ 가스 농도 20 ~ 65 vol%, 가스압 0.5 × 10⁻¹ Pa ~ 1.0 Pa)

[0212] 투입 전력 : 300 ~ 2000 W

[0213] 성막 속도 : 0.5 ~ 60 nm/min

[0214] CrN 막인 경우

[0215] 타깃 : Cr 타깃

[0216] 스퍼터링 가스 : Ar 과 N₂ 혼합 가스 (Ar 가스 농도 30 ~ 50 vol%, N₂ 가스 농도 50 ~ 70 vol%, 가스압 0.5 × 10⁻¹ Pa ~ 1.0 Pa)

[0217] 투입 전력 : 300 ~ 2000 W

[0218] 성막 속도 : 0.5 ~ 60 nm/min

[0219] 본 발명의 EUV 마스크는, 기관 상에 반사층, 흡수층, 차광층 이외의 구성을 갖고 있어도 된다. 도 2 는 본 발명의 EUV 마스크 (B) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다. 도 2 에 나타내는 EUV 마스크 (10') 는, 마스크 패턴 영역 (21) 에 있어서, 흡수층 (4) 상에 마스크 패턴의 검사시에 있어서의 콘트라스트를 양호하게 하기 위한 저반사층 (이하, 「저반사층」이라고 한다) (5) 을 갖고 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 있어서, 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 사이에 저반사층 (5) 을 갖고 있다. 요컨대, 본 발명의 EUV 마스크 (B) 는, 본 발명의 EUV 마스크 (A) 의 흡수층 상에 저반사층을 갖는다. 상기 서술한 바와 같이, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 의 흡수층 (4) 은, 마스크 패턴을 형성하기 전의 EUV 마스크 블랭크의 단계에 있어서, 마스크 패턴 영역 (21) 의 흡수층 (4) 과 동일한 층을 이루기 때문에, 흡수층 상에 저반사층을 갖고 있는 경우, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에서는 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 사이에 저반사층 (5) 을 갖고 있게 된다.

[0220] 또한, EUV 마스크 (B) 라도, 기관 (2) 이나 반사층 (3), 보호층, 및 흡수층 (4) 의 기재는 상기 서술한 기재를 그대로 적용할 수 있다.

[0221] EUV 마스크를 제조할 때, 흡수층에 마스크 패턴을 형성한 후, 이 마스크 패턴이 설계한 대로 형성되어 있는지 여부를 검사한다. 이 마스크 패턴의 검사에서는, 검사광으로서 통상적으로 257 nm 정도의 광을 사용한 검사기가 사용된다. 요컨대, 이 257 nm 정도의 파장역에 있어서의 반사광의 콘트라스트에 의해 검사된다. EUV 마스크의 흡수층은, EUV 반사광의 반사율이 매우 낮고, EUV 마스크의 흡수층으로서 우수한 특성을 갖고 있지만, 검사광의 파장역에 대해 관찰했을 경우, 반사광의 반사율이 반드시 충분히 낮다고는 할 수 없고, 마스크 패턴의 검사시에는 콘트라스트가 충분히 얻어지지 않을 가능성이 있다. 콘트라스트가 충분히 얻어지지 않으면, 마스크 패턴의 검사시에 결함을 충분히 판별할 수 없어, 정확한 결함 검사를 실시할 수 없게 된다.

- [0222] 흡수층 상에 마스크 패턴의 검사시에 있어서의 콘트라스트를 양호하게 하기 위한 저반사층을 형성하면, 마스크 패턴의 검사광을 저반사층 표면에 조사했을 때에 발생하는 반사광의 반사율이 매우 낮아지므로, 마스크 패턴 검사시의 콘트라스트가 양호해진다. 구체적으로는, 257 nm 정도의 광을 사용한 경우, 마스크 패턴의 검사광을 저반사층 (5) 표면에 조사했을 때에 발생하는 반사광의 반사율이 15 % 이하인 것이 바람직하다.
- [0223] 저반사층 (5) 은 상기 특성을 달성하기 위하여, 검사광의 파장의 굴절률이 흡수층 (4) 보다 낮은 재료로 구성되는 것이 바람직하다.
- [0224] 저반사층 (5) 에는 탄탈 (Ta) 과 산소 (O) 를 주성분으로 하는 재료를 사용하는 것이 바람직하다. 저반사층 (5) 에 사용하는 Ta 와 O 를 주성분으로 하는 재료는, Ta 와 O 이외에 하프늄 (Hf), 게르마늄 (Ge), 규소 (Si), 붕소 (B), 질소 (N), 수소 (H) 중 적어도 한 성분을 함유한다.
- [0225] Ta 이외의 상기 원소를 함유하는 재료의 구체예로는, 예를 들어, TaO, TaON, TaONH, TaHfO, TaHfON, TaBNO, TaBSiO, TaBSiON 등을 들 수 있다.
- [0226] 마스크 패턴의 검사광으로서 사용하는 257 nm 정도의 광은 DUV-Vis 광의 파장역 (190 ~ 500 nm) 의 범위 내이지만, 상기 서술한 Ta 와 O 를 주성분으로 하는 저반사층 (5) 에서는, DUV-Vis 광의 파장역 (190 ~ 500 nm) 의 전역에 걸쳐서 저반사 특성을 발현할 수 없다. 이 점에 대해서는, 도 8 로부터도 분명하다.
- [0227] 도 8 은, TaON 막 표면에 DUV-Vis 광을 조사했을 때의 DUV-Vis 반사광의 반사율 (DUV-Vis 반사율 (%)) 과 파장 (nm) 의 관계를 나타내는 그래프이다. TaON 막은 막 두께 7 nm 이다. 또, 분광 광도계 (UV-4100 (히타치 하이테크놀로지스사 제조)) 를 사용하여, TaON 막 표면으로부터의 DUV-Vis 반사광의 반사율을 입사 각도 5 도로 측정하였다.
- [0228] 본 발명의 EUV 마스크 (B) 에서는, 마스크 패턴 영역 (21) 에 있어서, 흡수층 (4) 및 저반사층 (5) 의 합계 막 두께가, 상기 서술한 본 발명의 EUV 마스크 (A) 의 흡수층 (4) 두께의 범위를 만족시키는 것이 바람직하다. 단, 저반사층 (5) 의 막 두께가 흡수층 (4) 의 막 두께보다 두꺼우면, 흡수층 (4) 에서의 EUV 광 흡수 특성이 저하될 우려가 있으므로, 저반사층 (5) 의 막 두께는 흡수층의 막 두께보다 얇은 것이 바람직하다. 이 때문에, 저반사층 (5) 의 두께는 2 ~ 10 nm 가 바람직하다.
- [0229] 저반사층 (5) 은, 공지된 성막 방법, 예를 들어 마그네트론 스퍼터링법 또는 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성할 수 있다.
- [0230] 예를 들어, 저반사층 (5) 으로서 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 TaON 막을 형성하는 경우, 타깃으로서 Ta 타깃을 사용하고, 스퍼터링 가스로서 Ar 과 N₂ 와 O₂ 의 혼합 가스 (Ar 가스 농도 30 ~ 50 vol%, N₂ 가스 농도 5 ~ 30 vol%, Ar 가스 농도 20 ~ 65 vol%, 가스압 0.5 × 10⁻¹ Pa ~ 1.0 Pa), 투입 전력 300 ~ 2000 W, 성막 속도 0.5 ~ 60 nm/min 으로 성막하는 것이 바람직하다.
- [0231] 본 발명의 EUV 마스크 (B) 는, 마스크 패턴의 검사광을 저반사층 (5) 표면에 조사했을 때에 발생하는 반사광의 반사율이 15 % 이하인 것 이외에는, 상기 서술한 본 발명의 EUV 마스크 (A) 에 대한 요구 특성을 만족시키는 것이 요구된다.
- [0232] 예를 들어, 마스크 패턴 영역 (21) 에 있어서는, 흡수층 (4) 과 저반사층 (5) 의 합계 막 두께는 30 ~ 90 nm 의 범위가 바람직하고, 위상 시프트의 원리를 이용하여 EUV 반사광의 콘트라스트를 충분히 높이는 경우에는, 저반사층 (5) 으로부터의 EUV 반사광과 반사층 (3) 으로부터의 EUV 반사광의 위상차가 175 ~ 185 도가 되도록 흡수층 (4) 과 저반사층 (5) 의 합계 막 두께를 선택한다.
- [0233] 또, 본 발명의 EUV 마스크 (B) 에서는, 흡수층 (4), 저반사층 (5) 및 차광막 (6) 의 합계 막 두께가, 상기 서술한 본 발명의 EUV 마스크 (A) 의 흡수층 (4) 및 차광막 (5) 의 합계 막 두께의 범위를 만족시키는 것이 바람직하다.
- [0234] 또, 마스크 패턴 영역의 외측 영역 (22) 에 있어서는, 차광층 (6) 표면으로부터의 EUV 반사광의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율이 0.5 % 미만, 또한 파장 190 ~ 500 nm 에 대한 DUV-Vis 반사율이 30 % 이하이다. 단, 본 발명의 EUV 마스크 (B) 는, 흡수층 (4), 저반사층 (5) 및 차광층 (6) 을 합한 층 구조 전체에서, 상기 서술한 반사율을 달성할 수 있으면 된다.
- [0235] 또, 본 발명의 EUV 마스크는, 상기한 구성, 즉, 반사층, 보호층, 흡수층, 차광층 및 저반사층 이외에, EUV 마스크의 분야에 있어서 공지된 기능막을 갖고 있어도 된다. 이와 같은 기능막의 구체예로는, 예를 들어, 일본

공표특허공보 2003-501823호에 기재되어 있는 바와 같이, 기관의 정전 척킹을 촉진하기 위하여, 기관의 이면층에 실시되는 도전성 코팅을 들 수 있다. 여기서, 기관의 이면이란, EUV 마스크의 기관에 있어서, 반사층이 형성되어 있는 측과는 반대측의 면을 가리킨다.

- [0236] 이와 같은 목적으로 기관의 이면에 실시하는 도전성 코팅은, 시트 저항이 100 Ω/□ 이하가 되도록 구성 재료의 전기 전도율과 두께를 선택한다. 도전성 코팅의 구성 재료로는, 공지된 문헌에 기재되어 있는 것으로부터 폭넓게 선택할 수 있다. 예를 들어, 일본 공표특허공보 2003-501823호에 기재된 도전율의 코팅, 구체적으로는, Si, TiN, Mo, Cr, TaSi 로 이루어지는 코팅을 적용할 수 있다. 도전성 코팅의 두께는, 예를 들어 10 ~ 1000 nm 로 할 수 있다.
- [0237] 도전성 코팅은, 공지된 성막 방법, 예를 들어, 마그네트론 스퍼터링법, 이온 빔 스퍼터링법과 같은 스퍼터링법, CVD 법, 진공 증착법, 전해 도금법을 사용하여 형성할 수 있다.
- [0238] 다음으로, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크에 대하여 설명한다.
- [0239] 도 3 은, 본 발명 EUV 마스크 블랭크 (A) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다. 도 3 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1) 는, 기관 (2) 상에, 반사층 (3), 흡수층 (4) 및 차광층 (6) 을 이 순서대로 갖고 있다.
- [0240] EUV 마스크 블랭크 (1) 의 각 구성 요소의 구성 재료, 두께, 요구되는 특성, 형성 방법 등에 대해서는, EUV 마스크에 있어서의 해당 지점에 관한 기재를 참고로 할 수 있다.
- [0241] 도 4 는, 본 발명 EUV 마스크 블랭크 (B) 의 일 실시형태를 나타내는 개략 단면도이다. 도 4 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1') 에 있어서, 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 사이에 저반사층 (5) 를 갖고 있는 점 이외에는, 도 3 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1) 와 동일하다.
- [0242] EUV 마스크 블랭크 (1') 의 각 구성 요소의 구성 재료, 두께, 요구되는 특성, 형성 방법 등에 대해서는, EUV 마스크에 있어서의 해당 지점에 관한 기재를 참고로 할 수 있다.
- [0243] 다음으로, 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0244] 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (1) 은, 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A) 를 사용하여 EUV 마스크 (A) 를 제조하는 방법이다. 도 3 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 예로 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (1) 을 설명한다.
- [0245] 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (1) 에서는, 먼저 처음에 EUV 마스크 블랭크 (1) 의 차광층 (6) 중, 제조되는 EUVL 마스크에 있어서 마스크 패턴 영역 (21) 이 되는 부위에 존재하는 차광층 (6) 을 제거하여 흡수층 (4) 을 노출시킨다. 도 5 는 이 순서로 실시한 후의 마스크 블랭크 (1) 를 나타내고 있다. 차광층 (6) 의 제거는, 포토리소그래피 프로세스에 의해 마스크 패턴을 형성할 때에 통상적으로 사용되는 순서로 실시할 수 있다. 구체적으로는 예를 들어, 이하의 순서로 실시할 수 있다.
- [0246] · 차광층 (6) 상에 레지스트막을 형성한다.
- [0247] · 전자선 또는 자외선을 사용하여 그 레지스트막을 패턴 노광한다.
- [0248] · 패턴 노광 후의 레지스트막을 현상하여 레지스트 패턴을 형성한다.
- [0249] · 에칭 프로세스를 실시하여 레지스트막으로 덮이지 않은 부분의 차광층 (6) 을 제거한다.
- [0250] 차광층 (6) 의 제거에 사용하는 에칭 프로세스로는, 드라이 에칭 프로세스 또는 웨트 에칭 프로세스를 사용할 수 있다.
- [0251] 다음으로, 포토리소그래피 프로세스를 실시하여, 상기 순서로 노출시킨 흡수층 (4) 에 마스크 패턴을 형성한다. 이로써 도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10) 가 제조된다.
- [0252] 또한, 포토리소그래피 프로세스를 실시하여 흡수층 (4) 에 마스크 패턴을 형성하는 순서는, EUV 마스크 또는 굴절 광학계의 포토마스크에 있어서, 마스크 패턴을 형성할 때에 사용되는 통상적인 순서이어도 된다.
- [0253] 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (2) 은, 본 발명의 EUV 마스크 (B) 를 사용하여 EUV 마스크 (B) 를 제조하는 방법이다.
- [0254] 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (2) 은, 제조되는 EUV 마스크에 있어서 마스크 패턴 영역 (21) 이 되는 부위에 존재하는 차광층 (6) 을 제거하여 노출시키는 것이 저반사층 (5) 인 것, 및 포토리소그래피 프로세스에 의해

저반사층 (5) 과 그 저반사층 (5) 의 아래에 위치하는 흡수층 (4) 에 마스크 패턴을 형성하는 것 이외에는, 본 발명의 EUV 마스크의 제조 방법 (1) 과 동일하다.

[0255] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (A) 를 사용하여 EUV 마스크 (A) 를 제조하는 경우, 이하의 순서로 실시해된다.

[0256] 도 3 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 예로 들면, 그 EUV 마스크 블랭크를 사용하여 제조되는 EUV 마스크에 있어서, 마스크 패턴 영역이 되는 부위에 존재하는 차광층 (6) 및 그 아래에 있는 흡수층 (4) 에 포토리소그래피 프로세스에 의해 마스크 패턴을 형성한다. 도 6 은, 이 순서로 실시한 후의 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 나타내고 있다.

[0257] 다음으로, 포토리소그래피 프로세스에 의해, EUV 마스크에 있어서 마스크 패턴 영역이 되는 부위에 존재하는 차광층 (6) 을 제거하여, 흡수층 (4) 을 노출시킨다. 이로써, 도 1 에 나타내는 EUV 마스크 (10) 가 제조된다.

[0258] 본 발명의 EUV 마스크 블랭크 (B) 를 사용하여 EUV 마스크 (B) 를 제조하는 경우에도 동일한 순서로 실시할 수 있다. 도 4 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1') 를 예로 들면, 그 EUV 마스크 블랭크를 사용하여 제조되는 EUV 마스크에 있어서, 마스크 패턴 영역이 되는 부위에 존재하는 차광층 (6) 그리고 그 아래에 있는 저반사층 (5) 및 흡수층 (4) 에 포토리소그래피 프로세스에 의해 마스크 패턴을 형성한다. 다음으로, 포토리소그래피 프로세스에 의해, EUV 마스크에 있어서 마스크 패턴 영역이 되는 부위에 존재하는 차광층 (6) 을 제거하여, 저반사층 (5) 을 노출시킨다. 이로써, 도 2 에 나타내는 EUV 마스크 (10') 가 제조된다.

[0259] 다음으로, 본 발명의 EUV 마스크를 사용한 반도체 집적 회로의 제조 방법에 대하여 설명한다. 본 발명의 EUV 마스크는, EUV 광을 노광용 광원으로 사용하는 포토리소그래피법에 의한 반도체 집적 회로의 제조 방법에 적용할 수 있다. 구체적으로는, 레지스트를 도포한 실리콘 웨이퍼 등의 기판을 스테이지 상에 배치하고, 반사경을 조합하여 구성된 반사형 노광 장치에 본 발명의 EUV 마스크를 설치한다. 그리고, EUV 광을 광원으로 부터 반사경을 통해서 EUV 마스크에 조사하고, EUV 광을 EUV 마스크에 의해 반사시켜 레지스트가 도포된 기판에 조사한다. 이 패턴 전사 공정에 의해, 회로 패턴이 기판 상에 전사된다. 회로 패턴이 전사된 기판은, 현상에 의해 감광 부분 또는 비감광 부분을 에칭한 후, 레지스트를 박리한다. 반도체 집적 회로는, 이와 같은 공정을 반복함으로써 제조된다.

[0260] 실시예

[0261] 이하, 실시예를 사용하여 본 발명을 더 설명하지만, 이들에 한정하여 해석되는 것은 아니다.

[0262] 실시예 1

[0263] 본 실시예에서는, 도 3 에 나타내는 EUV 마스크 블랭크 (1) 를 제조함으로써, 「마스크 패턴 영역의 외측 영역」에 있어서 원하는 광학 특성을 만족시키는지를 확인하고 있다.

[0264] 성막용 기판 (2) 으로서 SiO₂-TiO₂ 계의 유리 기판 (외형 가로세로 약 6 인치 (약 152 mm), 두께가 약 6.3 mm) 을 사용한다. 이 유리 기판의 열팽창률은 0.05 × 10⁻⁷/℃, 영률은 67 GPa, 포아송비는 0.17, 비강성은 3.07 × 10⁷ m²/s² 이다. 이 유리 기판을 연마에 의해, 표면 조도 (rms) 가 0.15 nm 이하이고, 평탄도가 100 nm 이하인 평활한 표면으로 한다.

[0265] 기판 (2) 의 이면측에는, 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 두께 100 nm 의 Cr 막을 성막함으로써, 시트 저항 100 Ω / □ 의 도전성 코팅을 실시한다.

[0266] 평판 형상을 한 통상적인 정전척에 형성된 Cr 막을 사용하여 기판 (2) (외형 가로세로 6 인치 (152 mm), 두께 6.3 mm) 을 고정시키고, 그 기판 (2) 의 표면 상에 이온 빔 스퍼터링법을 사용하여 Si 막 및 Mo 막을 교대로 성막하는 것을 40 주기 반복하여, 합계 막 두께 272 nm ((4.5 nm + 2.3 nm) × 40) 의 Mo/Si 다층 반사막 (반사층 (3)) 을 형성한다.

[0267] 또한, Mo/Si 다층 반사막 (반사층 (3)) 상에 이온 빔 스퍼터링법을 사용하여 Ru 막 (막 두께 2.5 nm) 을 성막하고, 보호층 (미도시) 으로 한다.

[0268] Si 막, Mo 막 및 Ru 막의 성막 조건은 이하와 같다.

- [0269] Si 막의 성막 조건
- [0270] 타겟 : Si 타겟 (붕소 도프)
- [0271] 스퍼터링 가스 : Ar 가스 (가스압 0.02 Pa)
- [0272] 전압 : 700 V
- [0273] 성막 속도 : 4.62 nm/min
- [0274] 막 두께 : 4.5 nm
- [0275] Mo 막의 성막 조건
- [0276] 타겟 : Mo 타겟
- [0277] 스퍼터링 가스 : Ar 가스 (가스압 0.02 Pa)
- [0278] 전압 : 700 V
- [0279] 성막 속도 : 3.84 nm/min
- [0280] 막 두께 : 2.3 nm
- [0281] Ru 막의 성막 조건
- [0282] 타겟 : Ru 타겟
- [0283] 스퍼터링 가스 : Ar 가스 (가스압 0.02 Pa)
- [0284] 전압 : 500 V
- [0285] 성막 속도 : 1.38 nm/min
- [0286] 막 두께 : 2.5 nm
- [0287] 다음으로, 보호층 상에 Ta, N 및 H 를 함유하는 흡수층 (4) (TaNH 막) 을 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 형성함으로써, 기관 (2) 상에 반사층 (3), 보호층 및 흡수층 (4) 을 이 순서대로 갖고 있는 마스크 블랭크를 얻는다.
- [0288] 흡수층 (4) 의 성막 조건은 이하와 같다. 흡수층 (4) 은, 반사층 (3) 으로부터의 반사광과의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용하기 위해서 필요하다고 상정되는 두께로 한다. 구체적으로는, 58 nm 의 두께로 함으로써, 후술하는 수법으로 측정된 흡수층 (4) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율은 2.2 % 이고, 또한 반사층 (3) 으로부터의 반사광과의 위상차는 177 ~ 183 도이다. 또, 후술하는 수법으로 측정된 흡수층 (4) 표면으로부터의 DUV-Vis 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 35 ~ 50 % 이다.
- [0289] 흡수층 (4) (TaNH 막) 의 성막 조건
- [0290] 타겟 : Ta 타겟
- [0291] 스퍼터링 가스 : Ar 과 N₂ 와 H₂ 의 혼합 가스 (Ar : 89 vol%, N₂ : 8.3 vol%, H₂ : 2.7 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0292] 투입 전력 : 1500 W
- [0293] 성막 속도 : 6.0 nm/min
- [0294] 다음으로, 흡수층 (4) 상에, Cr 및 O 를 함유하는 차광층 (6) (CrO 막) 을 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 형성함으로써, 기관 (2) 상에 반사층 (3), 보호층, 흡수층 (4) 및 차광층 (6) 을 이 순서대로 갖고 있는 마스크 블랭크를 얻는다. 차광층 (6) 의 성막 조건은 이하와 같다.
- [0295] 차광층 (6) (CrO 막) 의 성막 조건
- [0296] 타겟 : Cr 타겟
- [0297] 스퍼터링 가스 : Ar 과 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 49.4 vol%, O₂ : 50.6 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)

- [0298] 투입 전력 : 1500 W
- [0299] 성막 속도 : 3.0 nm/min
- [0300] 막 두께 : 25 nm
- [0301] 차광층 (6) (CrO 막) 의 막 조성
- [0302] 차광층 (6) 의 조성을 X 선 광 전자 분광 장치 (PERKIN ELMER-PHI 사 제조), 러더포드 후방 산란 분광 장치 (코베 제강사 제조) 를 사용하여 측정하였다. 차광층 (6) 의 조성은, Cr : O = 25 : 75 이다.
- [0303] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0304] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정하였다.
- [0305] EUV 반사광의 반사율의 측정 방법은 이하와 같다. 싱크로트론 방사광을 사용하여, 먼저 원하는 파장으로 분광된 EUV 광을 포토 다이오드에 직접 입사했을 때의 EUV 광 강도를 계측하고, 계속해서 마스크 블랭크 표면에 대해 법선으로부터 6 도 방향에서 EUV 광을 입사하고, 그 반사광 강도를 계측한다. 이와 같이 하여 계측된 직접광 강도에 대한 반사광 강도비를 계산함으로써 원하는 파장에 있어서의 반사율을 구할 수 있다.
- [0306] 한편, DUV-Vis 반사율은, 분광 광도계 (UV-4100 (히타치 하이테크놀로지스 사 제조)) 를 사용하여, 입사 각도 5 도로 측정하였다.
- [0307] 상기 수법에 의해 측정된 결과, 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율은 0.4 % 였다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하였다. 또한, DUV-Vis 반사율은 입사 각도를 5 도로 하여 측정했지만, 입사 각도가 6 도라도 마찬가지로, 20 % 이하의 DUV-Vis 반사율이 얻어진다.
- [0308] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있다. 그리고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기판 상에 형성된 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다. 또, 흡수층 (4) 표면으로부터의 DUV-Vis 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 35 ~ 50 % 로 높아, 차광층 (6) 을 형성하지 않으면, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기판 상 레지스트의 불필요한 감광이 문제가 된다고 생각된다.
- [0309] 실시예 2
- [0310] 본 실시예에서는, 차광층 (6) 을 CrON 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.
- [0311] 차광층 (6) (CrON 막) 의 성막 조건
- [0312] 타겟 : Cr 타겟
- [0313] 스퍼터링 가스 : Ar 과 N₂ 와 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 49.4 vol%, N₂ : 13.8 vol%, O₂ : 36.8 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0314] 투입 전력 : 1500 W
- [0315] 성막 속도 : 3.0 nm/min
- [0316] 막 두께 : 25 nm
- [0317] 차광층 (6) (CrON 막) 의 막 조성
- [0318] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정된 결과, Cr : O : N = 20 : 70 : 10 이다.
- [0319] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0320] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을

측정하였다.

- [0321] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율은 0.3 % 였다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하였다.
- [0322] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.
- [0323] 실시예 3
- [0324] 본 실시예에서는, 차광층 (6) 을 Cr 과 O 의 함유 비율이 상이한 CrO 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.
- [0325] 차광층 (6) (CrO 막) 의 성막 조건
- [0326] 타겟 : Cr 타겟
- [0327] 스퍼터링 가스 : Ar 과 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 40 vol%, N₂ : 60 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0328] 투입 전력 : 1500 W
- [0329] 성막 속도 : 2.7 nm/min
- [0330] 막 두께 : 25 nm
- [0331] 차광층 (6) (CrO 막) 의 막 조성
- [0332] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr : O = 20 : 80 이다.
- [0333] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0334] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0335] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 반사율은 0.4 % 이다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하이다.
- [0336] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.
- [0337] 실시예 4
- [0338] 본 실시예에서는, 차광층 (6) 을 Cr, O 및 N 의 함유 비율이 상이한 CrON 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 2 와 동일하다.
- [0339] 차광층 (6) (CrON 막) 의 성막 조건
- [0340] 타겟 : Cr 타겟
- [0341] 스퍼터링 가스 : Ar 과 N₂ 와 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 50 vol%, N₂ : 16 vol%, O₂ : 34 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0342] 투입 전력 : 1500 W
- [0343] 성막 속도 : 3.2 nm/min
- [0344] 막 두께 : 25 nm

- [0345] 차광층 (6) (CrON 막) 의 막 조성
- [0346] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr : O : N = 25 : 60 : 15 이다.
- [0347] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0348] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0349] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 반사율은 0.2 % 이다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하이다.
- [0350] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.
- [0351] 실시예 5
- [0352] 본 실시예에서는, 차광층 (6) 을 상층을 CrO 막으로 하고, 하층을 CrN 막으로 한 2 층 구조로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다. 또한, 차광층 (6) 의 상층의 CrO 막의 성막 조건은 실시예 1 과 동일하지만, 막 두께는 30 nm 로 하였다.
- [0353] 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 의 성막 조건
- [0354] 타겟 : Cr 타겟
- [0355] 스퍼터링 가스 : Ar 과 N₂ 의 혼합 가스 (Ar : 58 vol%, N₂ : 42 vol%, O₂ : 34 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0356] 투입 전력 : 1500 W
- [0357] 성막 속도 : 4.0 nm/min
- [0358] 막 두께 : 30 nm
- [0359] 차광층 (6) 의 하층 (CrN 막) 의 막 조성
- [0360] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr : N = 81 : 19 이다.
- [0361] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0362] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0363] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 반사율은 0.1 % 이다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하이다.
- [0364] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.
- [0365] 실시예 6
- [0366] 본 실시예에서는, 차광층 (6) 을 상층을 CrON 막으로 하고, 하층을 CrN 막으로 한 2 층 구조로 하는 것 이외에는, 실시예 5 와 동일하다. 또한, 차광층 (6) 의 상층의 CrON 막의 성막 조건은 실시예 2 와 동일하지만, 막 두께는 30 nm 로 하였다. 또, 차광층 (6) 의 하층의 CrN 막의 성막 조건은 실시예 5 의 차광층의 하층의 CrN 막과 동일하고, 막 두께는 30 nm 로 하였다.

- [0367] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0368] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0369] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 반사율은 0.1 % 이다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하이다.
- [0370] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.
- [0371] 실시예 7
- [0372] 본 실시예에서는, 차광층 (6) 이 제 1 층을 CrON 막으로 하고, 제 2 층을 CrN 막으로 하며, 제 1 층과 제 2 층이 교대로 3 층으로 적층된 구조 (CrON 막/CrN 막/CrON 막) 의 다층 구조로 하는 것 이외에는, 실시예 6 과 동일하다. 또한, 차광층 (6) 의 CrON 막의 성막 조건은 실시예 2 와 동일하지만, 최상층의 CrON 막의 막 두께는 30 nm 로 하고, 최하층의 CrON 막의 막 두께는 15 nm 로 한다. 또, 차광층 (6) 의 CrN 막의 성막 조건은 실시예 5 의 차광층의 하층의 CrN 막과 동일하고, 막 두께는 4 nm 로 한다.
- [0373] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0374] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0375] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 반사율은 0.1 % 이다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 15 % 이하이다.
- [0376] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 마스크 패턴 영역에서는, EUV 광에 대해 반사층으로부터의 반사광과 흡수층으로부터의 반사광의 관계에서 위상 시프트의 원리를 이용할 수 있고, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는, EUV 반사광의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.
- [0377] 실시예 8
- [0378] 본 실시예에서는, 흡수층 (4) 을 위상 시프트의 원리를 이용하지 않는 막 두께, 구체적으로는 흡수층 (4) 의 막 두께를 83 nm 로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.
- [0379] 흡수층 (4) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율은 0.4 % 이다. 또, 흡수층 (4) 표면으로부터의 DUV-Vis 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 35 ~ 50 % 이다.
- [0380] 다음으로, 흡수층 (4) 상에 실시예 1 과 동일한 차광층 (6) (CrO 막) 을 형성함으로써, 기관 (2) 상에 반사층 (3), 보호층, 흡수층 (4) 및 차광층 (6) 을 이 순서대로 갖고 있는 마스크 블랭크를 얻는다.
- [0381] 차광층 (6) 의 EUV 광 및 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0382] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 및 DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율 및 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0383] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 반사율은 0.2 % 이다. 또, DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 20 % 이하이다.
- [0384] 이와 같은 흡수층 (4) 과 차광층 (6) 을 조합한 도 1 에 예시된 바와 같은 EUV 마스크로 함으로써, 위상 효과를 이용하지 않는 흡수층 (4) 의 막 두께에 대해서도, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 EUV 반사광의 평균 EUV

반사율 및 DUV-Vis 광의 반사율이 저감됨으로써, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 반사광에 의한 기판 상 레지스트의 불필요한 감광을 억제할 수 있는 것이 기대된다.

[0385] 비교예 1

[0386] 본 비교예에서는, 차광층 (6) 을 Cr 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.

[0387] 차광층 (6) (Cr 막) 의 성막 조건

[0388] 타겟 : Cr 타겟

[0389] 스퍼터링 가스 : Ar 가스 (Ar : 100 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)

[0390] 투입 전력 : 1500 W

[0391] 성막 속도 : 10 nm/min

[0392] 막 두께 : 25 nm

[0393] 차광층 (6) (Cr 막) 의 막 조성

[0394] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr = 100 이다.

[0395] 차광층 (6) 의 DUV-Vis 광의 반사율 평가

[0396] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 마찬가지로, DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 반사율을 측정한다.

[0397] 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 35 ~ 40 % 초과이다. 즉, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 DUV-Vis 광의 반사율이 높기 때문에, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 DUV-Vis 반사광에 의한 기판 상 레지스트의 불필요한 감광이 생겨 버린다.

[0398] 비교예 2

[0399] 본 비교예에서는, 차광층 (6) 을 CrN 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.

[0400] 차광층 (6) (CrN 막) 의 성막 조건

[0401] 타겟 : Cr 타겟

[0402] 스퍼터 가스 : Ar 과 N₂ 의 혼합 가스 (Ar : 80 vol%, N₂ : 20 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)

[0403] 투입 전력 : 1500 W

[0404] 성막 속도 : 8.0 nm/min

[0405] 막 두께 : 25 nm

[0406] 차광층 (6) (CrN 막) 의 막 조성

[0407] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr : N = 70 : 30 이다.

[0408] 차광층 (6) 의 DUV-Vis 광의 반사율 평가

[0409] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 마찬가지로, DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 반사율을 측정한다.

[0410] 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 40 % 초과이다. 즉, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 DUV-Vis 광의 반사율이 높기 때문에, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 DUV-Vis 반사광에 의한 기판 상 레지스트의 불필요한 감광이 생겨 버린다.

[0411] 비교예 3

[0412] 본 비교예에서는, 차광층 (6) 을 Cr 함유율 40 at% 초과인 CrO 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.

[0413] 차광층 (6) (CrO 막) 의 성막 조건

- [0414] 타깃 : Cr 타깃
- [0415] 스퍼터 가스 : Ar 과 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 80 vol%, O₂ : 20 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0416] 투입 전력 : 1500 W
- [0417] 성막 속도 : 7.0 nm/min
- [0418] 막 두께 : 25 nm
- [0419] 차광층 (6) (CrO 막) 의 막 조성
- [0420] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr : O = 45 : 55 이다.
- [0421] 차광층 (6) 의 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0422] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 마찬가지로, DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 반사율을 측정한다.
- [0423] 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 30 % 초과이다. 즉, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 DUV-Vis 광의 반사율이 높기 때문에, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 DUV-Vis 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광이 생겨 버린다.
- [0424] 비교예 4
- [0425] 본 비교예에서는, 차광층 (6) 을 Cr 함유율 15 at% 미만인 CrO 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 1 과 동일하다.
- [0426] 차광층 (6) (CrO 막) 의 성막 조건
- [0427] 타깃 : Cr 타깃
- [0428] 스퍼터 가스 : Ar 과 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 20 vol%, O₂ : 80 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0429] 투입 전력 : 1500 W
- [0430] 성막 속도 : 1.0 nm/min
- [0431] 막 두께 : 25 nm
- [0432] 차광층 (6) (CrO 막) 의 막 조성
- [0433] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정한 결과, Cr : O = 14 : 86 이다.
- [0434] 차광층 (6) 의 EUV 광의 반사율 평가
- [0435] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율을 측정하였다.
- [0436] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율은 0.9 % 이고, 0.5 % 미만이지 않는다. 즉, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 EUV 반사광의 평균 EUV 반사율이 높기 때문에, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 EUV 반사광에 의한 기관 상 레지스트의 불필요한 감광이 생겨 버린다.
- [0437] 비교예 5
- [0438] 본 비교예에서는, 차광층 (6) 을 Cr 함유율 40 at% 초과인 CrON 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 2 와 동일하다.
- [0439] 차광층 (6) (CrON 막) 의 성막 조건
- [0440] 타깃 : Cr 타깃
- [0441] 스퍼터 가스 : Ar 과 N₂ 와 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 80 vol%, N₂ : 10 vol%, O₂ : 10 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0442] 투입 전력 : 1500 W

- [0443] 성막 속도 : 7.0 nm/min
- [0444] 막 두께 : 25 nm
- [0445] 차광층 (6) (CrON 막) 의 막 조성
- [0446] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정 한 결과, Cr : O : N = 45 : 30 : 25 이다.
- [0447] 차광층 (6) 의 DUV-Vis 광의 반사율 평가
- [0448] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 마찬가지로, DUV-Vis 광 (190 ~ 500 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 반사율을 측정하였다.
- [0449] 차광층 (6) 표면으로부터의 DUV-Vis 광의 파장역, 구체적으로는 190 ~ 500 nm 중 어느 파장에 대해서도 반사율은 30 % 초과이다. 즉, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 DUV-Vis 광의 반사율이 높기 때문에, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 DUV-Vis 반사광에 의한 기판 상 레지스트의 불필요한 감광이 생겨 버린다.
- [0450] 비교예 6
- [0451] 본 비교예에서는, 차광층 (6) 을 Cr 함유율 15 at% 미만인 CrON 막으로 하는 것 이외에는, 실시예 2 와 동일하다.
- [0452] 차광층 (6) (CrON 막) 의 성막 조건
- [0453] 타깃 : Cr 타깃
- [0454] 스퍼터 가스 : Ar 과 N₂ 와 O₂ 의 혼합 가스 (Ar : 20 vol%, N₂ : 20 vol%, O₂ : 60 vol%, 가스압 : 0.12 Pa)
- [0455] 투입 전력 : 1500 W
- [0456] 성막 속도 : 1.0 nm/min
- [0457] 막 두께 : 25 nm
- [0458] 차광층 (6) (CrON 막) 의 막 조성
- [0459] 차광층 (6) 의 조성을 실시예 1 과 동일하게 측정 한 결과, Cr : O : N = 14 : 45 : 41 이다.
- [0460] 차광층 (6) 의 EUV 광의 반사율 평가
- [0461] 상기 순서로 얻어지는 마스크 블랭크 (1) 의 표면에 실시예 1 과 동일하게, EUV 광 (파장 13.3 ~ 13.7 nm) 을 조사하여, 차광층 (6) 표면으로부터의 평균 EUV 반사율을 측정하였다.
- [0462] 차광층 (6) 표면으로부터의 파장 13.3 ~ 13.7 nm 에 대한 평균 EUV 반사율은 0.9 % 이고, 0.5 % 미만이 되지 않는다. 즉, 마스크 패턴 영역의 외측 영역에서는 EUV 반사광의 평균 EUV 반사율이 높기 때문에, 마스크 패턴 영역의 외측으로부터의 EUV 반사광에 의한 기판 상 레지스트의 불필요한 감광이 생겨 버린다.

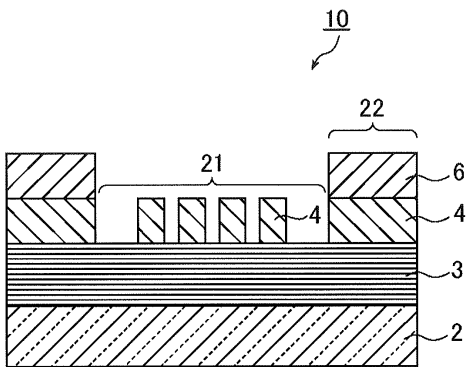
부호의 설명

- [0463] 1, 1' : EUV 마스크 블랭크
- 2 : 기판
- 3 : 반사층
- 4 : 흡수층
- 5 : 저반사층
- 6 : 차광층
- 10, 10' : EUV 마스크
- 21 : 마스크 패턴 영역

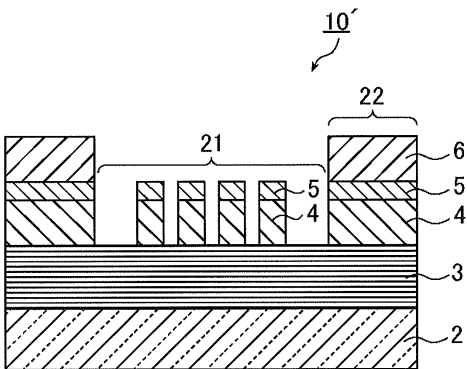
- 22 : 마스크 패턴 영역의 외측 영역
- 100 : EUV 마스크
- 120 : 기관
- 130 : 반사층
- 140 : 흡수층
- 200 : 실제의 노광 영역
- 210 : 마스크 패턴 영역
- 220 : 마스크 패턴 영역의 외측 영역

도면

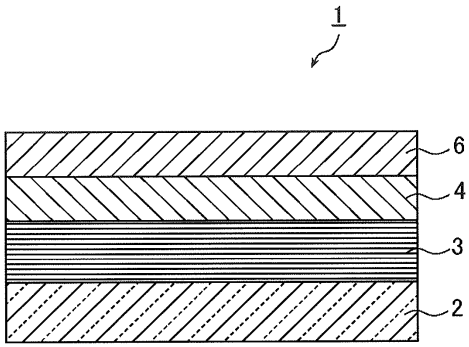
도면1



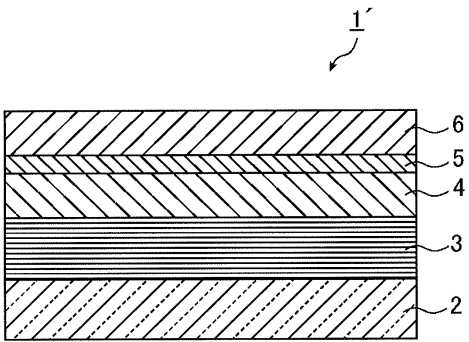
도면2



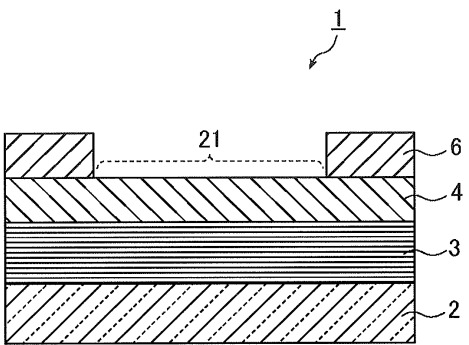
도면3



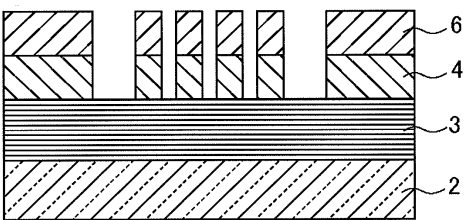
도면4



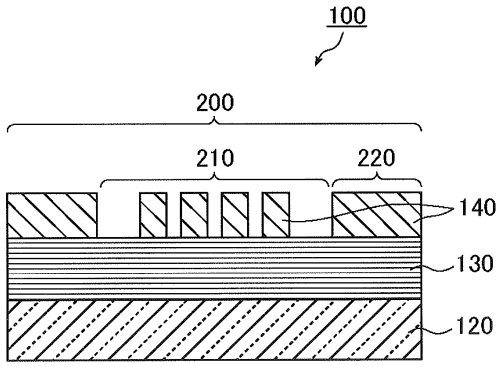
도면5



도면6



도면7



도면8

