(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월29일
(11) 등록번호 10-2127907
(24) 등록일자 2020년06월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/24 (2012.01) *B32B 7/02* (2019.01)
G03F 7/20 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 1/24 (2013.01)
B32B 7/02 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2020-7012491(분할)
(22) 출원일자(국제) 2014년09월22일
심사청구일자 2020년04월28일
(85) 번역문제출일자 2020년04월28일
(65) 공개번호 10-2020-0047800
(43) 공개일자 2020년05월07일
(62) 원출원 특허 10-2017-7030201
원출원일자(국제) 2014년09월22일
심사청구일자 2019년09월09일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2014/074993
(87) 국제공개번호 WO 2015/046095
국제공개일자 2015년04월02일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-202494 2013년09월27일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2012028631 A
WO2010001843 A1
JP2007272995 A
JP2004199846 A

(73) 특허권자
호야 가부시키가이샤
일본 도쿄도 신쥬꾸구 니시신쥬꾸 6쵸메 10-1
(72) 발명자
하마모토 가즈히로
일본국 1618525 도쿄도 신주쿠구 나카오치아이 2쵸메 7-5호야 가부시키가이샤 내
우스이 요이치
일본국 1618525 도쿄도 신주쿠구 나카오치아이 2쵸메 7-5호야 가부시키가이샤 내
(74) 대리인
특허법인(유한) 다래

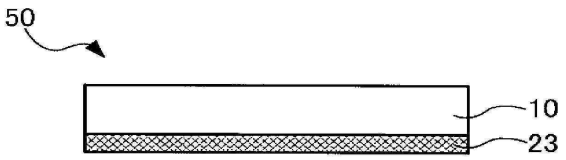
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 안선형

(54) 발명의 명칭 **도전막 부착 기판, 다층 반사막 부착 기판, 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크, 그리고 반도체 장치의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 도전막이 형성된 도전막 부착 기판으로서, 상기 도전막 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)의 관계에 있어서, 상기 도전막 표면이, $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$이 15 이상 260 이하(%/nm)의 관계식을 만족시키고, 또한 최대 높이(Rmax)가 1.3nm 이상 15nm 이하인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판이다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
G03F 7/20 (2013.01)
G03F 7/7065 (2013.01)
B32B 2307/416 (2013.01)
B32B 2551/00 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

리소그래피에 사용되는 마스크 블랭크용 기판의 한쪽의 주표면의 위에, 도전막이 형성된 도전막 부착 기판으로서,

상기 도전막 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 깊이와, 상기 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 상기 플롯한 점으로부터 구한 근사 곡선, 또는 상기 플롯한 점에 있어서의 최고 빈도로부터 구해지는 반치폭의 중심에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 상기 도전막 표면의 표면 거칠기에 있어서의 최대 높이(Rmax)의 1/2에 대응하는 상기 베어링 깊이의 절대값 이상이고, 또한 상기 최대 높이(Rmax)가 1.3nm 이상 15nm 이하인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 도전막 표면의 표면 거칠기에 있어서의 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는, 0.15nm 이상 1.0nm 이하인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 도전막 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역은, 148㎜×148㎜의 영역을 포함하는 임의의 개소인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판.

청구항 4

다층 반사막 부착 기판으로서,

제 1 항에 기재한 도전막 부착 기판의 상기 도전막이 형성되어 있는 측과는 반대측의 주표면의 위에, 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기판.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 다층 반사막의 위에 보호막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기판.

청구항 6

반사형 마스크 블랭크로서,

제 4 항 또는 제 5 항에 기재한 다층 반사막 부착 기판의 상기 다층 반사막의 위 또는 상기 다층 반사막의 위에 보호막이 형성되어 있는 경우에는 상기 보호막의 위에, 흡수체막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 반사형마스크 블랭크.

청구항 7

반사형 마스크로서,

제 6 항에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을 패터닝하여, 상기 다층 반사막상에 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크.

청구항 8

반도체 장치의 제조 방법으로서,

제 7 항에 기재한 반사형 마스크를 이용하고, 노광장치를 사용한 리소그래피프로세스를 실시하여, 피전사체상에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 EUV 리소그래피에 이용하기 위한 도전막 부착 기판, 다층 반사막 부착 기판, 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크, 그리고 그들을 이용한 반도체 장치의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 근년, 반도체 산업에 있어서, 반도체 장치의 고집적화에 수반하여 종래의 자외광을 이용한 포토리소그래피법의 전사 한계를 상회하는 미세 패턴이 필요로 되고 있다. 이와 같은 미세 패턴 형성을 가능하게 하기 위해, 극자외(Extreme Ultra Violet: 이하, 「EUV」라고 부른다.)광을 이용한 노광 기술인 EUV 리소그래피가 유망시되고 있다. 여기에서 EUV 광이란, 연X선 영역 또는 진공 자외선 영역의 파장대의 광을 가리키고, 구체적으로는 파장이 0.2~100nm 정도의 광인 것이다. 이 EUV 리소그래피에 있어서 이용되는 전사용 마스크로서 반사형 마스크가 제안되고 있다. 이와 같은 반사형 마스크는 기판상에 노광광을 반사하는 다층 반사막이 형성되고, 해당 다층 반사막상에 노광광을 흡수하는 흡수체막이 패턴형상으로 형성된 것이다.

[0003] 당해 반사형 마스크는, 기판과, 당해 기판상에 형성된 다층 반사막과, 당해 다층 반사막상에 형성된 흡수체막을 갖는 반사형 마스크 블랭크로부터, 포토리소그래피법 등에 의해 흡수체막 패턴을 형성함으로써 제조된다.

[0004] 다층 반사막 및 흡수층의 성막은, 스퍼터링 등의 성막방법을 이용하여 성막되는 것이 일반적이다. 그 성막시, 반사형 마스크 블랭크용 기판은 성막장치 내에 지지 수단에 의해 지지된다. 기판의 지지수단으로서 정전(靜電)척(chuck)이 이용되고 있다. 그 때문에, 유리 기판 등의, 절연성의 반사형 마스크 블랭크용 기판의 이면에는 정전 척에 의한 기판의 고정을 촉진하기 위해 기판의 이면에 도전막(이면 도전막)이 형성된다.

[0005] 도전막 부착 기판의 예로서 특허문헌 1에는, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크의 제조에 사용되는 도전막 부착 기판으로서, 상기 도전막은 크롬(Cr) 및 질소(N)를 함유하고, 상기 도전막에 있어서의 N의 평균 농도가 0.1at% 이상 40at% 미만이며, 상기 도전막의 적어도 표면의 결정상태가 아몰퍼스이고, 상기 도전막의 표면 거칠기(rms)가 0.5nm 이하이며, 상기 도전막은 기판측에 있어서의 N농도가 낮고, 표면측에 있어서의 N농도가 높아지도록 도전막 중의 N농도가 해당 도전막의 두께 방향을 따라 변화한 경사 조성막인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판이 기재되어 있다.

[0006] 또, 특허문헌 2에는, 기판상에 도전막이 형성된, EUV 리소그래피용 반사형 마스크 블랭크의 제조에 사용되는 도전막 부착 기판으로서, 상기 도전막이, 기판측에 형성되는 층(하층)과, 상기 하층의 위에 형성되는 층(상층)의 적어도 2층을 갖고, 상기 도전막의 하층이 크롬(Cr), 산소(O) 및 수소(H)를 함유하며, 상기 도전막의 상층이 크롬(Cr), 질소(N) 및 수소(H)를 함유하는 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판이 기재되어 있다. 또한, 특허문헌 2에는 상기 도전막의 표면 거칠기(rms)가 0.5nm 이하인 것이 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본국 특허 제4978626호 공보

(특허문헌 0002) 국제공개 제2012/105698호 팜플렛

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] EUV(Extreme Ultra-Violet)를 사용한 리소그래피에 있어서의 급속한 패턴의 미세화에 수반하여 반사형 마스크인 EUV 마스크의 결함 사이즈(Defect Size)도 해마다 미세해지고, 이와 같은 미세 결함을 발견하기 위해 결함검사에서 사용하는 검사 광원 파장은 노광광의 광원 파장에 가까워지고 있다.

[0009] 예를 들면, EUV 마스크나, 그 원판인 반사형 마스크 블랭크, 다층 반사막 부착 기판 및 마스크 블랭크용 기판의 결함 검사장치로는, 검사 광원 파장이 266nm(예를 들면, 레이저 테크사 제조의 EUV 노광용의 마스크·서브스트레이트/블랭크스 결함 검사장치 「MAGICS M7360」), 193nm(KLA-Tencor사 제조의 EUV·마스크/블랭크 결함 검사장치 「Teron600 시리즈」, 예를 들면 「Teron610」), 13.5nm인 고감도 결함 검사장치가 보급, 또는 제안되어 있다.

[0010] 한편, 마스크 블랭크용 기판, 다층 반사막 부착 기판 및 반사형 마스크 블랭크(이들을 총칭하여 단지 「기판 등」이라고 한다.)에 기준 마크를 형성하여, 이 기준 마크와 상술의 결함 검사장치로 검출된 결함의 위치를 좌표 관리할 수 있다. 얻어진 결함의 위치 정보(결함 데이터)에 의거하여 반사형 마스크를 제작할 때에, 결함 데이터와 피전사 패턴(회로 패턴) 데이터를 바탕으로, 결함이 존재하고 있는 개소에 흡수체 패턴이 형성되도록 묘화 데이터를 보정하여 결함을 저감시킬 수 있다. 따라서, 결함의 위치를 정확하게 측정하는 것은 결함을 저감시키기 위해 중요하다.

[0011] 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판 등의 피검사체는 결함 검사장치에 의해 결함을 검사할 때에, 이들의 피검사체는 기판 등의 이면에 형성된 도전막(이면 도전막)을 결함 검사장치의 스테이지에 설치된 재치부(載置部)에 재치하여 스테이지에 고정하는 것이 일반적이다. 본 발명자들은 이 스테이지상의 기판 등의 고정이 확실하지 않고, 결함 검사장치의 스테이지를 이동시킬 때 기판 등이 미끄러짐으로써, 결함 검사장치에 의한 결함의 검출의 위치 정밀도가 낮아지는 경우가 있음을 발견했다.

[0012] 또, 본 발명자들은, 결함의 검출시의 위치 정밀도 뿐만 아니라, 좌표 계측기로 반사형 마스크 블랭크나 다층 반사막 부착 기판에 형성된 기준 마크의 좌표를 계측하는 경우, 및 반사형 마스크에 원하는 전사 패턴을 형성하기 전후에 패턴 계측하는 경우 등에 있어서도, 이면 도전막의 재치부에 의한 기판 등의 고정이 확실하지 않고, 좌표 계측기의 스테이지를 이동시키기 위해 기판 등이 미끄러짐에 따른 위치 정밀도의 악화의 문제가 발생하는 것을 발견했다.

[0013] 상술한 위치 정밀도 악화의 문제가 발생하는 한편, 이면 도전막의 표면의 평활성이 충분하지 않은 경우에는 이면 도전막의 결함 검사장치에 의한 결함 검사시에, 외관상의 결함(의사(擬似) 결함)이 문제가 되는 경우가 있다. 즉, 결함 검사장치의 검출 감도가 높기 때문에, 이면 도전막의 결함 검사를 실시하면 결함 검출 개수(결함 검출 개수=치명 결함 개수+의사 결함 개수)가 실제보다 많이 검출되고, 경우에 따라서는 결함 검사가 불가능하게 된다는 문제가 발생하고 있다.

[0014] 여기에서 말하는 의사 결함이란, 결함 검사장치로 검사한 경우에, 결함으로 오판정되어 버리는 것을 말하며, 피검사면의 표면이 거친 경우에 발생하기 쉽다.

[0015] 그래서, 본 발명은, 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판의 결함을 결함 검사장치로 검사할 때, 및 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판에 형성된 기준 마크의 좌표나, 반사형 마스크의 전사 패턴을 좌표 계측기 등에 의해 계측할 때에, 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도, 좌표 계측기에 의한 기준 마크의 위치 정밀도나 전사 패턴의 위치 정밀도 등을 향상할 수 있는 도전막 부착 기판, 다층 반사막 부착 기판, 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크를 제공하는 것을 목적으로 한다. 구체적으로는, 본 발명은 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있는 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판을 제공하는 것을 목적으로 한다. 또, 그때, 이면 도전막의 표면 거칠기에 기인하는 의사 결함 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능한 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명자들은 상술한 과제를 해결하기 위해 예의 검토한 결과, 검출 결함의 위치 정밀도의 저하나, 좌표 계측에 의한 패턴(기준 마크, 전사 패턴 등)의 위치 정밀도의 저하와, 이면 도전막의 표면의 표면 거칠기에 상관이 있음을 발견했다. 본 발명자들은, 또한 이면 도전막의 표면이 소정의 표면 형태인 경우에는 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도나, 좌표 계측기에 의한 패턴의 측정 정밀도가 높아지는 것을 발견하여 본 발명에 이르렀다. 구체적으로는, 본 발명자들은 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도나, 좌표 계측기에 의한 패턴의 위치 정밀도를 높게 하기 위해서는 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제하는 것이 필요함을 발견했다. 또한, 본 발명자들은 이면 도전막의 미끄러짐을 억제하며, 또한 이면 도전막의 표면 거칠기에 기인하는 의사 결함 검출을 억제하기 위해서는 이면 도전막의 표면을 원자간력 현미경으로 측

정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)의 관계가 소정의 관계이고, 그리고 최대 높이(Rmax)가 소정의 범위인 것이 필요한 것을 발견하여 본 발명에 이르렀다. 즉, 상기 과제를 해결하기 위해 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.

[0017] 본 발명은 하기의 구성 1~3인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판, 하기의 구성 4~5인 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기판, 하기의 구성 6인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크, 하기의 구성 7인 것을 특징으로 하는 반사형 마스크, 및 하기의 구성 8인 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법이다.

[0018] (구성 1)

[0019] 본 발명의 구성 1은, 리소그래피에 사용되는 마스크 블랭크용 기판의 주표면상의 한쪽 표면에 도전막이 형성된 도전막 부착 기판으로서, 상기 도전막 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)의 관계에 있어서, 상기 베어링 에어리어 30%를 BA_{30}, 상기 베어링 에어리어 70%를 BA_{70}, 상기 베어링 에어리어 30% 및 70%에 대응하는 상기 베어링 깊이를 각각 BD_{30} 및 BD_{70}으로 정의했을 때에, 상기 도전막 표면이, $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$이 15 이상 260 이하(%/nm)의 관계식을 만족시키고, 또한 최대 높이(Rmax)가 1.3nm 이상 15nm 이하인 것을 특징으로 하는 도전막 부착 기판이다.

[0020] 구성 1에 따르면, 도전막 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)의 관계를 소정의 관계로 하고, 또한 최대 높이(Rmax)를 소정의 범위로 함으로써, 도전막 부착 기판, 및 그것을 이용하여 제조되는 다층 반사막 부착 기판, 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크의 결함을 결함 검사장치로 검사할 때, 및 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판에 형성된 기준 마크의 좌표나, 반사형 마스크의 전사 패턴을 좌표 계측기 등에 의해 계측할 때에, 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도, 좌표 계측기에 의한 기준 마크의 위치 정밀도나 전사 패턴의 위치 정밀도 등을 향상할 수 있다. 구체적으로는, 구성 1에 따르면, 도전막 부착 기판, 및 그것을 이용하여 제조되는 다층 반사막 부착 기판, 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크를 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있다. 또한, 이면 도전막의 표면 거칠기에 기인하는 의사 결함 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 할 수 있다.

[0021] (구성 2)

[0022] 본 발명의 구성 2는, 상기 도전막 표면은, 상기 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어진 상기 베어링 깊이와, 얻어진 상기 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 상기 플롯한 점으로부터 구한 근사 곡선, 또는 상기 플롯한 점에 있어서의 최고 빈도로부터 구해지는 반치폭의 중심에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 상기 도전막 표면의 표면 거칠기에 있어서의 최대 높이(Rmax)의 1/2에 대응하는 상기 베어링 깊이의 절대값보다 작은 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재한 도전막 부착 기판이다.

[0023] 구성 2에 따르면, 도전막 표면이, 소정의 베어링 깊이와 소정의 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 베어링 깊이가 소정의 관계를 가짐으로써, 이면 도전막의 표면을 구성하는 요철에 있어서, 기준면에 대하여 볼록부보다 오목부를 구성하는 비율이 많은 표면 형태가 된다. 따라서, 구성 2에 따르면, 이면 도전막의 표면에 볼록부가 존재함에 따른 발진(發塵)의 문제를 방지할 수 있다.

[0024] (구성 3)

[0025] 본 발명의 구성 3은, 상기 도전막 표면은, 상기 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어진 상기 베어링 깊이와, 얻어진 상기 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 상기 플롯한 점으로부터 구한 근사 곡선, 또는 상기 플롯한 점에 있어서의 최고 빈도로부터 구해지는 반치폭의 중심에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 상기 도전막 표면의 표면 거칠기에 있어서의 최대 높이(Rmax)의 1/2에 대응하는 상기 베어링 깊이의 절대값 이상인 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재한 도전막 부착 기판이다.

[0026] 구성 3에 따르면, 도전막 표면이, 소정의 베어링 깊이와, 소정의 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 베어링 깊이가 소정의 관계를 가짐으로써, 이면 도전막의 표면을 구성하는 요철에 있어서, 기준면에 대하여 오목부보다 볼록부를 구성하는 비율이 많은 표면 형태가 된다. 따라서, 구성 3에 따르면, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판의 결함을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측했을 때나, 반사형 마스크의 이면을 정전 척하고 노광장치에 의해 반도체 장치를 제조할 때에, 이면 도전막에 부착한 이물을 세정처리에 의해 효과적으로 제거할 수 있다.

[0027] (구성 4)

[0028] 본 발명의 구성 4는, 구성 1 내지 3 중 어느 것인가에 기재한 도전막 부착 기판의 상기 도전막이 형성되어 있는 측과는 반대측의 주표면상에, 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 다층 반사막 부착 기판이다.

[0029] 구성 4에 따르면, 소정의 다층 반사막에 의해 소정 파장의 EUV 광을 반사할 수 있다. 또, 구성 3의 다층 반사막 부착 기판을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있다.

[0030] (구성 5)

[0031] 본 발명의 구성 5는, 상기 다층 반사막상에 보호막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 구성 4에 기재한 다층 반사막 부착 기판이다.

[0032] 구성 5에 따르면, 다층 반사막상에 보호막이 형성되어 있음으로써, 다층 반사막 부착 기판을 이용하여 반사형 마스크(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막 표면에의 데미지를 억제할 수 있으므로, EUV 광에 대한 반사율 특성이 양호해진다.

[0033] (구성 6)

[0034] 본 발명의 구성 6은, 구성 4 또는 5에 기재한 다층 반사막 부착 기판의 상기 다층 반사막상, 혹은 상기 보호막상에, 흡수체막이 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크 블랭크이다.

[0035] 구성 6에 따르면, 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막이 EUV 광을 흡수할 수 있기 때문에, 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막을 패터닝함으로써, 반사형 마스크(EUV 마스크)를 제조할 수 있다. 또, 구성 6에 따르면, 반사형 마스크 블랭크를 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있다.

[0036] (구성 7)

[0037] 본 발명의 구성 7은, 구성 6에 기재한 반사형 마스크 블랭크의 상기 흡수체막을 패터닝하여, 상기 다층 반사막상에 흡수체 패턴을 갖는 것을 특징으로 하는 반사형 마스크이다.

[0038] 구성 7의 반사형 마스크에 따르면, 다층 반사막상에 흡수체 패턴을 가짐으로써, EUV 광을 이용하여 소정의 패턴을 피전사체에 전사할 수 있다. 또, 구성 7에 따르면, 반사형 마스크를 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있다.

[0039] (구성 8)

[0040] 본 발명의 구성 8은, 구성 7에 기재한 반사형 마스크를 이용하고, 노광장치를 사용한 리소그래피 프로세스를 실시하여, 피전사체상에 전사 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조방법이다.

[0041] 구성 8의 반도체 장치의 제조방법에 따르면, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.

발명의 효과

[0042] 본 발명에 따르면, 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판의 결함을 결함 검사장치로 검사할 때, 및 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판에 형성된 기준 마크나 반사형 마스크의 전사 패턴을 좌표 계측기 등에 의해 계측할 때에, 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도, 좌표 계측기에 의한 기준 마크나 전사 패턴 등의 패턴의 위치 정밀도를 향상할 수 있는 도전막 부착 기판, 다층 반사막 부착 기판, 반사형 마스크 블랭크 및 반사형 마스크를 제공할 수 있다. 구체적으로는, 본 발명은, 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있는 반사형 마스크, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판을 제공할 수 있다. 또, 본 발명에 따르면, 그때, 이면 도전막의 표면 거칠기에 기인하는 의사 결함 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능한 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0043] 도 1(a)는 본 발명의 일실시형태에 관한 마스크 블랭크용 기판을 나타내는 사시도이다.

도 1(b)는 본 실시형태의 마스크 블랭크용 기판을 나타내는 단면 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일실시형태에 관한 도전막 부착 기판의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 3은 본 발명의 일실시형태에 관한 다층 반사막 부착 기판의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 4는 본 발명의 일실시형태에 관한 다층 반사막 부착 기판의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 5는 본 발명의 일실시형태에 관한 반사형 마스크 블랭크의 구성의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 6은 본 발명의 일실시형태에 관한 반사형 마스크의 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 7은 본 발명의 일실시형태에 관한 반사형 마스크 블랭크의 구성의 다른 일례를 나타내는 단면 모식도이다.

도 8은 본 발명의 비교예 A 및 실시예 2의 반사형 마스크 블랭크의, 이면 도전막의 표면 거칠기의 베어링 커브 측정 결과를 나타내는 그래프이다.

도 9는 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크의, 이면 도전막의 표면 거칠기의 베어링 커브 측정 결과를 나타내는 그래프이다.

도 10은 기준 마크 및 평가용 패턴을 갖는 좌표 계측 측정 평가용 마스크의 모식도이다.

도 11은 비교예 A의 베어링 깊이(Depth)(nm)와 그 빈도(Hist.)(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0044] 본 발명은, 마스크 블랭크용 기판의 주표면상의 한쪽 표면에 도전막이 형성된 도전막 부착 기판이다. 마스크 블랭크용 기판의 주표면 중, 도전막(「이면 도전막」이라고도 한다.)이 형성되는 주표면을 「이면」이라고 한다. 또, 본 발명은 도전막 부착 기판의 도전막이 형성되어 있지 않은 주표면(단지, 「표면」이라고 하는 경우가 있다.)의 위에 고굴절률층과 저굴절률층을 교대로 적층한 다층 반사막이 형성된 다층 반사막 부착 기판이다. 또, 본 발명은 다층 반사막 부착 기판의 다층 반사막의 위에 흡수체막을 포함하는 마스크 블랭크용 다층막을 갖는 반사형 마스크 블랭크이다.

[0045] 도 2는, 본 발명의 도전막 부착 기판(50)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 도전막 부착 기판(50)은 마스크 블랭크용 기판(10)의 이면 위에 이면 도전막(23)이 형성되어 있다. 또한, 본 명세서에 있어서, 도전막 부착 기판(50)이란, 적어도 마스크 블랭크용 기판(10)의 이면에 이면 도전막(23)이 형성된 것이고, 다른 주표면의 위에 다층 반사막(21)이 형성된 것(다층 반사막 부착 기판(20)), 및 추가로 흡수체막(24)이 형성된 것(반사형 마스크 블랭크(30)) 등도 도전막 부착 기판(50)에 포함된다.

[0046] 도 7은, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면의 위에 마스크 블랭크용 다층막(26)을 갖는다. 본 명세서에서, 마스크 블랭크용 다층막(26)이란, 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면의 위에 적층하여 형성되는, 다층 반사막(21) 및 흡수체막(24)을 포함하는 복수의 막이다. 마스크 블랭크용 다층막(26)은, 추가로 다층 반사막(21) 및 흡수체막(24)의 사이에 형성되는 보호막(22), 및/또는 흡수체막(24)의 표면에 형성되는 에칭 마스크막(25)을 포함할 수 있다. 도 7에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는, 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면 위의 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21), 보호막(22), 흡수체막(24) 및 에칭 마스크막(25)을 갖고 있다. 또한, 에칭 마스크막(25)을 갖는 반사형 마스크 블랭크(30)를 이용하는 경우, 후술과 같이, 흡수체막(24)에 전사 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(25)을 박리해도 된다. 또, 에칭 마스크막(25)을 형성하지 않는 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 흡수체막(24)을 복수층의 적층구조로 하고, 이 복수층을 구성하는 재료를 서로 다른 에칭 특성을 갖는 재료로 하여, 에칭 마스크 기능을 갖는 흡수체막(24)으로 한 반사형 마스크 블랭크(30)로 해도 된다. 또, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 그 이면에 이면 도전막(23)을 포함한다. 따라서, 도 7에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)는 도전막 부착 기판(50)의 일종이다.

[0047] 본 명세서에 있어서, 「마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면의 위에 마스크 블랭크용 다층막(26)을 갖는다」라는

것은, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 마스크 블랭크용 기판(10)의 표면에 접하여 배치되는 것을 의미하는 경우 외에, 마스크 블랭크용 기판(10)과 마스크 블랭크용 다층막(26)의 사이에 다른 막을 갖는 것을 의미하는 경우도 포함한다. 다른 막에 대해서도 마찬가지이다. 또, 본 명세서에 있어서, 예를 들면 「막 A가 막 B의 표면에 접하여 배치된다」라는 것은, 막 A와 막 B의 사이에 다른 막을 개재하지 않고, 막 A와 막 B가 직접 접하도록 배치되어 있는 것을 의미한다.

[0048] 도 5는 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 다른 일례를 나타내는 모식도이다. 도 5의 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21), 보호막(22) 및 흡수체막(24)을 갖고 있지만, 에칭 마스크막(25)을 갖고 있지 않다. 또, 도 5의 반사형 마스크 블랭크(30)는 그 이면에 이면 도전막(23)을 포함한다. 따라서, 도 5에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)는 도전막 부착 기판(50)의 일종이다.

[0049] 도 3은 다층 반사막 부착 기판(20)을 나타낸다. 도 3에 나타내는 다층 반사막 부착 기판(20)의 주표면에 다층 반사막(21)이 형성되어 있다. 도 4에, 이면에 이면 도전막(23)이 형성된 다층 반사막 부착 기판(20)을 나타낸다. 도 4에 나타내는 다층 반사막 부착 기판(20)은 그 이면에 이면 도전막(23)을 포함하므로, 도전막 부착 기판(50)의 일종이다.

[0050] 본 발명의 도전막 부착 기판(50)은 이면 도전막(23)의 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)와의 관계를 소정의 관계로 하고, 또한 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)를 소정의 범위로 하는 것을 특징으로 한다.

[0051] 본 발명의 도전막 부착 기판(50)에 의하면, 반사형 마스크(40), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 다층 반사막 부착 기판(20)의 결함을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도, 좌표 계측기에 의한 기준 마크나 전사 패턴 등의 패턴의 위치 정밀도를 향상할 수 있다. 그 때, 이면 도전막(23)의 표면 거칠기에 기인하는 의사 결함 검출을 억제하고, 이물이나 흠집 등의 치명 결함의 발견을 용이하게 하는 것이 가능하다.

[0052] 다음으로, 이면 도전막(23)의 표면 형태를 나타내는 파라미터인 표면 거칠기(Rmax, Rms)와 베어링 커브(베어링 에어리어(%) 및 베어링 깊이(nm))와의 관계에 대해 이하에 설명한다.

[0053] 우선, 대표적인 표면 거칠기의 지표인 Rms(Root means square)는 제곱 평균 평방근 거칠기이고, 평균선에서부터 측정 곡선까지의 편차의 제곱을 평균한 값의 평방근이다. Rms는 하기 식 (1)로 표시된다.

[0054] [수 1]

$$Rms = \sqrt{\frac{1}{l}\int_0^l Z^2(x)dx} \quad \cdots \quad (1)$$

[0055]

[0056] 식 (1)에 있어서, l는 기준 길이이고, Z는 평균선에서부터 측정 곡선까지의 높이이다.

[0057] 마찬가지로, 대표적인 표면 거칠기의 지표인 Rmax는, 표면 거칠기의 최대 높이이고, 거칠기 곡선의 산의 높이의 최대값과 골의 깊이의 최대값의 절대값의 차이다.

[0058] Rms 및 Rmax는, 종래부터 마스크 블랭크용 기판(10)의 표면 거칠기의 관리에 이용되고 있고, 표면 거칠기를 수치로 파악할 수 있는 점에서 우수하다. 그러나, 이들 Rms 및 Rmax는 모두 높이 정보이며, 미세한 표면 형태의 변화에 관한 정보를 포함하지 않는다.

[0059] 이에 반해, 베어링 커브는 기판(10)의 주표면상의 측정영역 내에 있어서의 요철을 임의의 등고면(수평면)으로 절단하고, 이 절단면적이 측정영역의 면적에 차지하는 비율을 플롯한 것이다. 베어링 커브에 의해 이면 도전막(23)의 표면 거칠기의 불균일을 시각화 및 수치화할 수 있다.

[0060] 베어링 커브는, 통상, 종축을 베어링 에어리어(%), 횡축을 베어링 깊이(nm)로 하여 플롯된다. 베어링 에어리어 0(%)이, 측정하는 기판 표면의 최고점을 나타내고, 베어링 에어리어 100(%)이, 측정하는 기판 표면의 최저점을 나타낸다. 따라서, 베어링 에어리어 0(%)의 깊이와 베어링 에어리어 100(%)의 깊이의 차는 상술한 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)가 된다. 또한, 본 발명에서는 「베어링 깊이」라고 부르고 있지만, 이것은 「베어링 높이」와 동의(同義)이다. 「베어링 높이」의 경우는, 상기와 반대로, 베어링 에어리어 0(%)이, 측정하는 기판 표면의 최저점을 나타내고, 베어링 에어리어 100(%)이, 측정하는 기판 표면의 최고점을 나타낸다. 이하, 본 실시형태의 이면 도전막(23)에 있어서의 베어링 커브의 관리에 대해 설명한다.

[0061] 본 발명의 도전막 부착 기판(50)에서는 이면 도전막(23)의 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)의 관계에 있어서, 상기 베어링 에어리어 30%를 BA_{30}, 상기 베어링 에어리어 70%를 BA_{70}, 상기 베어링 에어리어 30% 및 70%에 대응하는 상기 베어링 깊이를 각각 BD_{30} 및 BD_{70} 이라고 정의했을 때에, 상기 도전막 표면이, $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$이 15 이상 260 이하(%/nm)의 관계식을 만족시키고, 또한 최대 높이(Rmax)가 1.3nm 이상 15nm 이하이다.

[0062] 즉, 상술한 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$(단위: % / nm)은 베어링 에어리어 30%~70%에 있어서의 베어링 커브의 기울기를 나타내는 것으로, 그 기울기를 15(%/nm) 이상으로 함으로써, 보다 얕은 베어링 깊이(nm)에서 베어링 에어리어가 100%에 도달하게 된다. 즉, 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면을 구성하는 요철(표면 거칠기)이 매우 높은 평활성을 유지하면서, 매우 고른 표면 형태가 되기 때문에, 결함 검사에 있어서 의사 결함의 검출 요인인 요철(표면 거칠기)의 불균일을 저감할 수 있으므로, 결함 검사장치를 사용한 결함 검사에서의 의사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화(顯在化)를 도모할 수 있다.

[0063] 또한, 베어링 커브의 기울기를 260 이하(%/nm)로 함으로써, 반사형 마스크(40), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 다층 반사막 부착 기판(20)을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막(23)의 미끄러짐을 억제할 수 있다. 그 때문에, 반사형 마스크(40), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 다층 반사막 부착 기판(20)의 결함을 결함 검사장치로 검사할 때, 및 반사형 마스크(40), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 다층 반사막 부착 기판(20)에 형성된 기준 마크나, 반사형 마스크의 전사 패턴을 좌표 계측기 등에 의해 계측할 때에, 결함 검사장치에 의한 검출 결함의 위치 정밀도, 좌표 계측기에 의한 기준 마크나 전사 패턴 등의 패턴의 위치 정밀도를 향상할 수 있다.

[0064] 본 발명에 있어서, 상기 1㎛×1㎛의 영역은, 노광장치를 이용하여 반도체 장치를 제조할 때에, 반사형 마스크의 이면(이면 도전막(23))이 정전 척에 맞닿는 영역, 및 결함 검사장치나 좌표 계측기의 재치부가 맞닿는 영역을 포함하는 영역의 임의의 개소이면 된다. 상기 정전 척이 이면 도전막(23)에 맞닿는 영역, 및 결함 검사장치나 좌표 계측기의 재치부가 맞닿는 영역을 포함하는 영역은 마스크 블랭크용 기판(10)이 6025 사이즈(152mm×152mm×6.35mm)인 경우, 예를 들면 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면의 둘레 가장자리영역을 제외한 148mm×148mm의 영역, 146mm×146mm의 영역, 142mm×142mm의 영역이나, 132mm×132mm의 영역으로 할 수 있다. 또, 상기 임의의 개소에 대해서는, 예를 들면 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)이 형성된 이면의 중심의 영역, 및/또는 결함 검사장치나 좌표 계측기의 재치부가 이면 도전막(23)에 맞닿는 영역(맞닿음부 및 그 근방)으로 할 수 있다.

[0065] 또, 본 발명에 있어서 상기 1㎛×1㎛의 영역은, 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)이 형성된 이면의 중심 영역, 및 결함 검사장치 및 좌표 계측기가 이면 도전막(23)에 맞닿는 영역으로 할 수 있다. 예를 들면, 이면 도전막(23)의 막 표면이 장방형의 형상을 하고 있는 경우에는, 상기 중심이란 상기 장방형의 대각선의 교점이다. 즉, 상기 교점과 상기 영역에 있어서의 중심(영역의 중심도 상기 이면 도전막(23) 표면의 중심과 마찬가지이다)이 일치한다.

[0066] 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)의 표면은, 의사 결함의 검출을 억제하는 관점에서는, 주표면을 구성하는 요철(표면 거칠기)이 고른 표면 형태인 것이 바람직하다. 그 때문에, 이면 도전막(23)의 표면의 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$을 15(%/nm) 이상으로 한다. 이면 도전막(23)의 표면의 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$이 바람직하게는 20(%/nm) 이상, 보다 바람직하게는 30(%/nm) 이상, 보다 바람직하게는 40(%/nm) 이상, 더욱 바람직하게는 50(%/nm) 이상인 것이 바람직하다. 또, 마찬가지의 관점에서, 이면 도전막(23)의 표면의 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)를 15nm 이하로 한다. 이면 도전막(23)의 표면의 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)가 바람직하게는 10nm 이하, 보다 바람직하게는 9nm 이하, 보다 바람직하게는 8.5nm 이하로 하는 것이 바람직하다.

[0067] 또, 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)의 표면은, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막(23)의 미끄러짐을 억제하는 관점에서, 주표면을 구성하는 요철(표면 거칠기)이 완전하게 평활한 표면 형태는 아닌 것이 좋다. 그 때문에, 이면 도전막(23)의 표면의 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$을 260(%/nm) 이하로 한다. 이면 도전막(23)의 표면의 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$이 바람직하게는 230(%/nm) 이하, 보다 바람직하게는 200(%/nm) 이하인 것이 바람직하다. 또, 마찬가지의 관점에서, 이면 도전막(23)의 표면의 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)를 1.3nm 이상, 바람직하게는 1.4nm 이상, 보다 바람직하게는 1.5nm 이상으로 하는 것이 바람직하다.

[0068] 이상의 점에서, 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)의 표면은 바람직하게는 상기 도전막 표면에 있어서의

1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)와의 관계에 있어서, 상기 베어링 에어리어 30%를 BA_{30}, 상기 베어링 에어리어 70%를 BA_{70}, 상기 베어링 에어리어 30% 및 70%에 대응하는 상기 베어링 깊이를 각각 BD_{30} 및 BD_{70} 이라고 정의했을 때에, 상기 도전막 표면이 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$이 15 이상 260 이하(%/nm), 바람직하게는 20 이상 260 이하(%/nm)의 관계식을 만족시키고, 또한 최대 높이(Rmax)가 1.3nm 이상 15nm 이하, 바람직하게는 1.3nm 이상 10nm 이하이다.

[0069] 또, 이면 도전막(23)의 표면의 표면 거칠기는 상술한 최대 높이(Rmax)에 더하여 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)로 관리할 수 있다. 이면 도전막(23)의 표면의, 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는 0.15nm 이상 1.0nm 이하인 것이 바람직하다.

[0070] 또, 이면 도전막(23)의 표면은, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어진 베어링 깊이와, 얻어진 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 상기 플롯한 점으로부터 구한 근사 곡선, 또는 상기 플롯한 점에 있어서의 최고 빈도로부터 구해지는 반치폭의 중심에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 이면 도전막(23)의 표면의 표면 거칠기에 있어서의 최대 높이(Rmax)의 1/2(절반)에 대응하는 베어링 깊이의 절대값보다 작은 표면 형태로 하는 것이 바람직하다. 이 표면 형태는 이면 도전막(23)의 표면을 구성하는 요철에 있어서, 기준면에 대하여 볼록부보다 오목부를 구성하는 비율이 많은 표면 형태가 된다. 따라서, 이면 도전막(23)의 표면에 볼록부가 존재함에 따른 발진의 문제를 방지할 수 있다.

[0071] 또, 이면 도전막에 부착한 이물을 세정처리에 의해 효과적으로 제거하는 관점에서는, 이면 도전막(23)의 표면은, 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어진 베어링 깊이와, 얻어진 베어링 깊이의 빈도(%)와의 관계를 플롯한 도수 분포도에 있어서, 상기 플롯한 점으로부터 구한 근사 곡선, 또는 상기 플롯한 점에 있어서의 최고 빈도로부터 구해지는 반치폭의 중심에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 이면 도전막(23)의 표면의 표면 거칠기에 있어서의 최대 높이(Rmax)의 1/2(절반)에 대응하는 베어링 깊이의 절대값 이상의 표면 형태로 하는 것이 바람직하다. 이 표면 형태는 이면 도전막(23)의 표면을 구성하는 요철에 있어서, 기준면에 대하여 오목부보다 볼록부를 구성하는 비율이 많은 표면 형태가 된다. 따라서, 반사형 마스크 블랭크 및 다층 반사막 부착 기판의 결함을 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측했을 때나, 반사형 마스크의 이면을 정전 척하고, 노광장치에 의해 반도체 장치를 제조할 때에, 이면 도전막에 부착하는 이물을 세정처리에 의해 효과적으로 제거한다는 효과를 얻을 수 있다.

[0072] 다음으로, 이면 도전막(23)의 표면의 표면 형태를 나타내는 파워 스펙트럼 밀도(Power Spectrum Density: PSD)에 대해 이하에 설명한다.

[0073] 상술한 바와 같이, Rms 및 Rmax는, 종래부터 마스크 블랭크용 기판(10)의 표면 거칠기의 관리에 이용되고 있고, 표면 거칠기를 수치로 파악할 수 있는 점에서 우수하다. 그러나, 이들 Rms 및 Rmax는 모두 높이의 정보이며, 미세한 표면 형상의 변화에 관한 정보를 포함하지 않는다.

[0074] 이에 반해, 얻어진 표면의 요철을 공간 주파수 영역으로 변환함으로써, 공간 주파수에서의 진폭 강도로 나타내는 파워 스펙트럼 해석은, 미세한 표면 형상을 수치화할 수 있다. Z(x, y)를 x좌표, y좌표에 있어서의 높이 데이터라고 하면, 그 푸리에 변환은 하기 식 (2)로 부여된다.

[0075] [수 2]

$$F(u,v)=\frac{1}{N_xN_y}\sum_{x=0}^{N_x-1}\sum_{y=0}^{N_y-1}Z(x,y)\exp\left[-i2\pi\left(\frac{ux}{N_x}+\frac{vy}{N_y}\right)\right] \quad \cdots \quad (2)$$

[0076]

[0077] 여기에서, Nx, Ny는 x방향과 y방향의 데이터의 수이다. u=0, 1, 2···Nx-1, v=0, 1, 2···Ny-1이고, 이때의 공간 주파수(f)는 하기 식 (3)으로 부여된다.

[0078] [수 3]

$$f=\left\{\left[\frac{u}{(N_x-1)d_x}\right]^2+\left[\frac{v}{(N_y-1)d_y}\right]^2\right\}^{1/2} \quad \cdots \quad (3)$$

[0079]

[0080] 여기에서, 식 (3)에 있어서 dx는 x방향의 최소 분해능이고, dy는 y방향의 최소 분해능이다.

[0081] 이 때의 파워 스펙트럼 밀도(PSD)는 하기 식 (4)로 부여된다.

[0082] [수 4]

[0083] $$P(u,v) = |F(u,v)|^2 \quad \cdots \quad (4)$$

[0084] 이 파워 스펙트럼 해석은, 이면 도전막(23)의 표면 형태의 변화를 단순한 높이의 변화로서 뿐만 아니라, 그 공간 주파수에서의 변화로서 파악할 수 있는 점에서 우수하고, 원자 레벨에서의 미시적인 반응 등이 표면에 주는 영향을 해석하는 수법이다.

[0085] 그리고, 본 발명의 도전막 부착 기판(50)에 있어서, 상기 목적을 달성하기 위해, 이면 도전막(23)의 표면이, 파워 스펙트럼 밀도를 이용하고, 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 공간 주파수 $1㎛^{-1}$ 이상 $100㎛^{-1}$ 이하의 파워 스펙트럼 밀도가 $30nm^4$ 이상 $200nm^4$ 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다.

[0086] 상기 1㎛×1㎛의 영역은, 노광장치를 이용하여 반도체 장치를 제조할 때에, 반사형 마스크의 이면(이면 도전막(23))이 정전 척에 맞닿는 영역, 및 결함 검사장치나 좌표 계측기의 재치부가 맞닿는 영역을 포함하는 영역의 개소이면 된다. 상기 정전 척이 이면 도전막(23)에 맞닿는 영역, 및 결함 검사장치나 좌표 계측기의 재치부가 맞닿는 영역을 포함하는 영역은 마스크 블랭크용 기판(10)이 6025 사이즈(152㎜×152㎜×6.35㎜)인 경우, 예를 들면, 반사형 마스크 블랭크(30)의 표면의 둘레 가장자리영역을 제외한 148㎜×148㎜의 영역, 146㎜×146㎜의 영역, 142㎜×142㎜의 영역이나, 132㎜×132㎜의 영역으로 할 수 있다. 또, 상기 임의의 개소에 대해서는, 예를 들면, 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)이 형성된 이면의 중심 영역, 및/또는 결함 검사장치나 좌표 계측기의 재치부가 이면 도전막(23)에 맞닿는 영역(맞닿음부 및 그 근방)으로 할 수 있다.

[0087] 또, 본 발명에 있어서, 상기 1㎛×1㎛의 영역은, 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23) 표면의 중심 영역, 및/또는 결함 검사장치나 좌표 계측기가 이면 도전막(23)에 맞닿는 영역으로 할 수 있다. 예를 들면, 도전막 부착 기판(50)의 이면 도전막(23)의 표면이 장방형의 형상을 하고 있는 경우에는, 상기 중심이란 상기 장방형의 대각선의 교점이다. 즉, 상기 교점과 상기 영역에 있어서의 중심(영역의 중심도 상기 막 표면의 중심과 마찬가지이다)이 일치한다.

[0088] 다음으로, 본 발명의 도전막 부착 기판(50)에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0089] [마스크 블랭크용 기판(10)]

[0090] 우선, 본 발명의 이면 도전막(23)의 제조에 이용할 수 있는 마스크 블랭크용 기판(10)에 대해 이하에 설명한다.

[0091] 도 1(a)는 본 발명의 이면 도전막(23)의 제조에 이용할 수 있는 마스크 블랭크용 기판(10)의 일례를 나타내는 사시도이다. 도 1(b)는 도 1(a)에 나타내는 마스크 블랭크용 기판(10)의 단면 모식도이다.

[0092] 마스크 블랭크용 기판(10)(또는, 단순히 기판(10)이라고 칭하는 경우가 있다.)은 직사각형상의 판상체(板狀體)이며, 2개의 대향 주표면(2)과 단면(端面)(1)을 갖는다. 2개의 대향 주표면(2)은, 이 판상체의 상면 및 하면이며, 서로 대향하도록 형성되어 있다. 또, 2개의 대향 주표면(2)의 적어도 한쪽은 전사 패턴이 형성되어야 하는 주표면이다.

[0093] 단면(1)은, 이 판상체의 측면이며, 대향 주표면(2)의 바깥쪽 둘레에 인접한다. 단면(1)은 평면상(狀)의 단면 부분(1d), 및 곡면상(狀)의 단면 부분(1f)을 갖는다. 평면상의 단면 부분(1d)은 한쪽의 대향 주표면(2)의 변과, 다른쪽의 대향 주표면(2)의 변을 접속하는 면이며, 측면부(1a) 및 모따기 경사면부(1b)를 포함한다. 측면부(1a)는 평면상의 단면 부분(1d)에 있어서의 대향 주표면(2)과 거의 수직인 부분(T면)이다. 모따기 경사면부(1b)는 측면부(1a)와 대향 주표면(2)의 사이에 있어서의 모따기된 부분(C면)이며, 측면부(1a)와 대향 주표면(2)의 사이에 형성된다.

[0094] 곡면상의 단면 부분(1f)은 기판(10)을 평면시했을 때에 기판(10)의 모서리부(10a) 근방에 인접하는 부분(R부)이며, 측면부(1c) 및 모따기 경사면부(1e)를 포함한다. 여기에서, 기판(10)을 평면시한다는 것은, 예를 들면 대향 주표면(2)과 수직인 방향에서 기판(10)을 보는 것이다. 또, 기판(10)의 모서리부(10a)란, 예를 들면 대향 주표면(2)의 바깥쪽 둘레에 있어서의 2변의 교점 근방이다. 2변의 교점이란, 2변의 각각의 연장선의 교점이면

된다. 본 예에 있어서, 곡면상의 단면 부분(1f)은 기판(10)의 모서리부(10a)를 둥글게 함으로써 곡면상으로 형성되어 있다.

[0095] 또, 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면은, 촉매 기준 에칭에 의해 표면 가공된 표면으로 하는 것이 바람직하다. 촉매 기준 에칭(Catalyst Referred Etching: 이하, CARE라고도 한다)이란, 피가공물(마스크 블랭크용 기판(10))과 촉매를 처리액 중에 배치하거나, 피가공물과 촉매의 사이에 처리액을 공급하고, 피가공물과 촉매를 접촉시켜, 그 때에 촉매상에 흡착하고 있는 처리액 중의 분자로부터 생성된 활성종에 의해 피가공물을 가공하는 표면 가공 방법이다. 또한 피가공물이 유리 등의 고체 산화물로 이루어지는 경우에는 처리액을 물로 하고, 물의 존재하에서 피가공물과 촉매를 접촉시켜, 촉매와 피가공물 표면을 상대운동시키는 등에 의해, 가수분해에 의한 분해 생성물을 피가공물 표면으로부터 제거하여 가공하는 것이다.

[0096] 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면이, 촉매 기준 에칭에 의해, 기준면인 촉매 표면에 접촉하는 볼록부로부터 선택적으로 표면 가공된다. 그 때문에, 주표면을 구성하는 요철(표면 거칠기)이 매우 높은 평활성을 유지하면서, 매우 고른 표면 형태가 되고, 또한, 기준면에 대해 볼록부보다 오목부를 구성하는 비율이 많은 표면 형태가 된다. 따라서, 상기 주표면상에 복수의 박막을 적층하는 경우에 있어서는, 주표면의 결함 사이즈가 작아지는 경향이 되므로, 촉매 기준 에칭에 의해 표면 처리하는 것이 결함 품질상 바람직하다. 특히, 상기 주표면상에 후술하는 다층 반사막(21) 및 이면 도전막(23)을 형성하는 경우에 특히 효과가 발휘된다.

[0097] 또한, 기판(10)의 재료가 유리 재료인 경우, 촉매로는 백금, 금, 전이금속 및 이들 중 적어도 하나를 포함하는 합금으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 1종의 재료를 사용할 수 있다. 또, 처리액으로는 순수(純水), 오존수나 수소수 등의 기능수, 저농도의 알칼리 수용액, 저농도의 산성 수용액으로 이루어지는 군으로부터 선택되는 적어도 1종의 처리액을 사용할 수 있다.

[0098] 본 발명의 이면 도전막(23)에 이용하는 마스크 블랭크용 기판(10)은 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면은, 적어도 패턴 전사 정밀도, 위치 정밀도를 얻는 관점에서 고평탄도가 되도록 표면 가공되어 있는 것이 바람직하다. EUV의 반사형 마스크 블랭크용 기판(10)의 경우, 기판(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면의 132㎜×132㎜의 영역, 또는 142㎜×142㎜의 영역에 있어서, 평탄도가 0.1㎛ 이하인 것이 바람직하고, 특히 바람직하게는 0.05㎛ 이하이다. 더욱 바람직하게는 기판(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면 132㎜×132㎜의 영역에 있어서 평탄도가 0.03㎛ 이하이다. 또, 전사 패턴이 형성되는 측과 반대측의 주표면은, 노광장치에 세트할 때의 정전 척되는 면으로서, 142㎜×142㎜의 영역에 있어서 평탄도가 1㎛ 이하, 특히 바람직하게는 0.5㎛ 이하이다.

[0099] EUV 노광용의 반사형 마스크 블랭크용 기판(10)의 재료로는, 저열팽창의 특성을 갖는 것이면 무엇이든 좋다. 예를 들면, 저열팽창의 특성을 갖는 SiO_2-TiO_2계 유리(2원계(SiO_2-TiO_2) 및 3원계(SiO_2-TiO_2-SnO_2 등)), 예를 들면 SiO_2-Al_2O_3-Li_2O계의 결정화 유리 등의 소위 다성분계 유리를 사용할 수 있다. 또, 상기 유리 이외에 실리콘이나 금속 등의 기판(10)을 이용할 수도 있다. 상기 금속 기판(10)의 예로는 인바 합금(Fe-Ni계 합금) 등을 들 수 있다.

[0100] 상술한 바와 같이, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기판(10)의 경우, 기판(10)에 저열팽창의 특성이 요구되기 때문에 다성분계 유리 재료를 사용한다. 그러나, 다성분계 유리 재료는 합성석영 유리와 비교하여 높은 평활성을 얻기 어렵다는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해, 다성분계 유리 재료로 이루어지는 기판(10)상에, 금속, 합금으로 이루어지는 또는 이들의 어느 것인가에 산소, 질소, 탄소 중 적어도 하나를 함유한 재료로 이루어지는 박막을 형성한다. 그리고, 이와 같은 박막 표면을 경면 연마, 표면 처리함으로써, 원하는 표면을 비교적 용이하게 형성할 수 있다.

[0101] 상기 박막의 재료로는, 예를 들면, Ta(탄탈), Ta를 함유하는 합금, 또는 이들 중 어느 것인가에 산소, 질소, 탄소의 적어도 하나를 함유한 Ta 화합물이 바람직하다. Ta 화합물로는 예를 들면, TaB, TaN, TaO, TaON, TaCON, TaBN, TaBO, TaBON, TaBCON, TaHf, TaHfO, TaHfN, TaHfON, TaHfCON, TaSi, TaSiO, TaSiN, TaSiON, TaSiCON 등을 적용할 수 있다. 이들 Ta 화합물 중, 질소(N)를 함유하는 TaN, TaON, TaCON, TaBN, TaBON, TaBCON, TaHfN, TaHfON, TaHfCON, TaSiN, TaSiON, TaSiCON이 보다 바람직하다. 또한, 상기 박막은, 박막 표면의 고평활성의 관점에서, 바람직하게는 아몰퍼스 구조로 하는 것이 바람직하다. 박막의 결정 구조는 X선 회절장치(XRD)에 의해 측정할 수 있다.

[0102] [다층 반사막 부착 기판(20)]

[0103] 다음으로, 본 발명의 이면 도전막(23) 및 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용할 수 있는 다층 반사막 부착 기판

(20)에 대하여 이하에 설명한다.

[0104] 도 3은 본 발명의 이면 도전막(23) 및 반사형 마스크 블랭크(30)에 이용할 수 있는 다층 반사막 부착 기판(20)의 일례를 나타내는 모식도이다. 또, 도 4에, 본 발명의 다층 반사막 부착 기판(20)의 다른 일례의 모식도를 나타낸다. 도 4에 나타내는 바와 같이, 다층 반사막 부착 기판(20)이 소정의 이면 도전막(23)을 갖는 경우에는 이 다층 반사막 부착 기판(20)은 본 발명의 이면 도전막(23)의 1종이다. 본 명세서에서는 도 3 및 도 4의 양쪽에 나타내는 다층 반사막 부착 기판(20)을 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기판(20)이라고 한다.

[0105] 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기판(20)은, 상기 설명한 마스크 블랭크용 기판(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면상에 다층 반사막(21)을 갖는 구조로 하고 있다. 이 다층 반사막(21)은 EUV 리소그래피용 반사형 마스크(40)에 있어서 EUV 광을 반사하는 기능을 부여하는 것이며, 굴절률이 다른 원소가 주기적으로 적층된 다층 반사막(21)의 구성을 취하고 있다.

[0106] 다층 반사막(21)은 EUV 광을 반사하는 한 그 재질은 특별히 한정되지 않지만, 그 단독에서의 반사율은 통상 65% 이상이고, 상한은 통상 73% 이다. 이와 같은 다층 반사막(21)은, 일반적으로는 고굴절률의 재료로 이루어지는 박막(고굴절률층)과 저굴절률의 재료로 이루어지는 박막(저굴절률층)이 교대로 40~60 주기 정도 적층된 다층 반사막(21)으로 할 수 있다.

[0107] 예를 들면, 파장 13~14nm의 EUV 광에 대한 다층 반사막(21)으로는, Mo 막과 Si 막을 교대로 40 주기 정도 적층한 Mo/Si 주기 다층막으로 하는 것이 바람직하다. 그 외, EUV 광의 영역에서 사용되는 다층 반사막(21)으로서 Ru/Si 주기 다층막, Mo/Be 주기 다층막, Mo 화합물/Si 화합물 주기 다층막, Si/Nb 주기 다층막, Si/Mo/Ru 주기 다층막, Si/Mo/Ru/Mo 주기 다층막, Si/Ru/Mo/Ru 주기 다층막 등으로 하는 것이 가능하다.

[0108] 다층 반사막(21)의 형성방법은 당해 기술분야에 있어서 공지이지만, 예를 들면, 마그네트론 스퍼터링법이나, 이온 빔 스퍼터링법 등에 의해 각 층을 성막함으로써 형성할 수 있다. 상술한 Mo/Si 주기 다층막의 경우, 예를 들면, 이온 빔 스퍼터링법에 의해, 우선 Si 타겟을 이용하여 두께 수nm 정도의 Si 막을 기판(10)상에 성막하고, 그 후 Mo 타겟을 이용하여 두께 수nm 정도의 Mo 막을 성막하며, 이것을 1 주기로 하여 40~60 주기 적층하여 다층 반사막(21)을 형성한다.

[0109] 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기판(20)을 제조할 때, 다층 반사막(21)은, 고굴절률 재료의 스퍼터링 타겟 및 저굴절률 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 교대로 조사하여, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것이 바람직하다. 소정의 이온 빔 스퍼터링법으로 다층 반사막(21)을 형성함으로써, EUV 광에 대한 반사율 특성이 양호한 다층 반사막(21)을 확실히 얻을 수 있다.

[0110] 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기판(20)은, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21)의 표면 중, 마스크 블랭크용 기판(10)과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 보호막(22)을 추가로 포함하는 것이 바람직하다.

[0111] 상술한 바와 같이 형성된 다층 반사막(21)의 위에, EUV 리소그래피용 반사형 마스크(40)의 제조공정에 있어서의 드라이 에칭이나 웨트 세정으로부터의 다층 반사막(21)의 보호를 위해, 보호막(22)(도 5를 참조)을 형성할 수 있다. 이와 같이 마스크 블랭크용 기판(10)상에 다층 반사막(21)과 보호막(22)을 갖는 형태도 본 실시형태의 다층 반사막 부착 기판(20)으로 할 수 있다.

[0112] 또한, 상기 보호막(22)의 재료로는, 예를 들면 Ru, Ru-(Nb, Zr, Y, B, Ti, La, Mo), Si-(Ru, Rh, Cr, B), Si, Zr, Nb, La, B 등의 재료를 사용할 수 있지만, 이들 중, 루테늄(Ru)을 포함하는 재료를 적용하면, 다층 반사막(21)의 반사율 특성이 보다 양호해진다. 구체적으로는, Ru, Ru-(Nb, Zr, Y, B, Ti, La, Mo)인 것이 바람직하다. 이와 같은 보호막(22)은 특히, 흡수체막(24)을 Ta계 재료로 하고, Cl계 가스의 드라이 에칭으로 당해 흡수체막(24)을 패터닝하는 경우에 유효하다.

[0113] 다층 반사막(21) 또는 보호막(22)의 표면의 형상을 양호한 것으로 하기 위해, 다층 반사막(21)의 성막시에, 기판(10)의 주표면의 법선에 대해 비스듬하게 고굴절률층과 저굴절률층이 퇴적하도록 스퍼터링법에 의해 성막하는 것이 바람직하다. 보다 구체적으로는, Mo 등의 저굴절률층의 성막을 위한 스퍼터 입자의 입사각도와, Si 등의 고굴절률층의 성막을 위한 스퍼터 입자의 입사각도는, 0도 초과 45도 이하로 하여 성막하면 된다. 보다 바람직하게는 0도 초과 40도 이하, 더욱 바람직하게는 0도 초과 30도 이하가 바람직하다. 또한 다층 반사막(21)상에 형성하는 보호막(22)도 다층 반사막(21)의 성막 후, 연속하여, 기판(10)의 주표면의 법선에 대해 비스듬하게 보호막(22)이 퇴적하도록 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성하는 것이 바람직하다.

[0114] [도전막 부착 기판(50)]

[0115] 다음으로, 본 발명의 도전막 부착 기판(50)에 대하여 설명한다. 도 3에 나타내는 다층 반사막 부착 기판(20)에 있어서, 기판(10)의 다층 반사막(21)과 접하는 면과 반대측의 면에 소정의 이면 도전막(23)을 형성함으로써, 도 4에 나타내는 바와 같은 본 발명의 도전막 부착 기판(50)(본 발명의 다층 반사막 부착 기판(20))을 얻을 수 있다. 또한, 도 2에 나타내는 바와 같이, 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면상의 한쪽 표면에 소정의 이면 도전막(23)을 형성함으로써, 본 발명의 도전막 부착 기판(50)을 얻을 수 있다.

[0116] 이면 도전막(23)에 요구되는 전기적 특성(시트 저항)은 통상 100Ω/□ 이하이다. 이면 도전막(23)의 형성방법은 공지이며, 예를 들면 마그네트론 스퍼터링법이나 이온 빔 스퍼터링법에 의해 Cr, Ta 등의 금속이나 합금의 타겟을 사용하여 형성할 수 있다.

[0117] 이면 도전막(23)의 형성방법은 도전막 재료인 금속을 함유하는 스퍼터링 타겟을 이용하여 스퍼터링 성막하는 것이 바람직하다. 구체적으로는, 이면 도전막(23)을 형성하기 위한 기판(10)의 피성막면을 위쪽으로 향하고, 기판(10)을 수평면상에서 회전시켜, 기판(10)의 중심축과 스퍼터링 타겟의 중심을 통과하여 기판(10)의 중심축과는 평행한 직선이 어긋난 위치에서, 피성막면에 대하여 소정 각도 기울여서 대향한 스퍼터링 타겟을 스퍼터링함으로써 이면 도전막(23)을 성막하는 것이 바람직하다. 소정 각도는, 스퍼터링 타겟의 경사 각도가 5도 이상 30도 이하의 각도인 것이 바람직하다. 또 스퍼터링 성막 중의 가스압은 0.05Pa 이상 0.5Pa 이하인 것이 바람직하다. 이와 같은 방법에 의해 이면 도전막(23)을 성막함으로써, 도전막 부착 기판(50)을, 이면 도전막(23)의 표면에 있어서의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정하여 얻어지는 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)와의 관계를 소정의 관계로 하고, 또한 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)를 소정의 범위로 할 수 있다.

[0118] 또, 본 발명의 도전막 부착 기판(50)에서는 기판(10)과 다층 반사막(21)의 사이에 하지층(下地層)을 형성해도 된다. 하지층은 기판(10)의 주표면의 평활성 향상의 목적, 결함 저감의 목적, 다층 반사막(21)의 반사율 증강 효과의 목적, 그리고 다층 반사막(21)의 응력 보정의 목적으로 형성할 수 있다.

[0119] [반사형 마스크 블랭크(30)]

[0120] 다음으로, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에 대해 설명한다. 도 5는 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 일례를 나타내는 모식도이다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 상기 설명한 다층 반사막 부착 기판(20)의 다층 반사막(21)상 또는 보호막(22)상에, 전사 패턴이 되는 흡수체막(24)을 형성한 구조를 갖는다.

[0121] 상기 흡수체막(24)은 노광광인 EUV 광을 흡수하는 기능을 갖는 것으로, 반사형 마스크 블랭크(30)를 사용하여 제작되는 반사형 마스크(40)에 있어서, 상기 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 반사율 차를 갖는 것이면 된다.

[0122] 예를 들면, EUV 광에 대한 흡수체막(24)의 반사율은 0.1% 이상 40% 이하의 사이에서 설정된다. 또, 상기 반사율 차에 더하여, 상기 다층 반사막(21), 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에서 원하는 위상차를 갖는 것이어도 된다. 또한, 이와 같은 반사광 사이에서 원하는 위상차를 갖는 경우, 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서의 흡수체막(24)을 위상 시프트막이라고 칭하는 경우가 있다.

[0123] 상기 반사광 사이에서 원하는 위상차를 마련하여, 얻어지는 반사형 마스크(40)의 반사광의 콘트라스트를 향상시키는 경우, 위상차는 180도±10도의 범위로 설정하는 것이 바람직하고, 흡수체막(24)의 절대 반사율로 1.5% 이상 30% 이하, 다층 반사막(21) 및/또는 보호막(22)의 표면에 대한 흡수체막(24)의 반사율은 2% 이상 40% 이하로 설정하는 것이 바람직하다.

[0124] 상기 흡수체막(24)은 단층이어도 적층 구조이어도 된다. 적층 구조인 경우, 동일 재료의 적층막, 이종 재료의 적층막 중의 어느 것이어도 된다. 적층막은 재료나 조성이 막 두께 방향으로 단계적 및/또는 연속적으로 변화한 것으로 할 수 있다.

[0125] 상기 흡수체막(24)의 재료는 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, EUV 광을 흡수하는 기능을 갖는 것으로, Ta(탄탈) 단체(單體), 또는 Ta를 주성분으로 하는 재료를 이용하는 것이 바람직하다. Ta를 주성분으로 하는 재료는 통상 Ta의 합금이다. 이와 같은 흡수체막(24)의 결정 상태는 평활성, 평탄성의 점에서, 아몰퍼스상(狀) 또는 미결정의 구조를 갖고 있는 것이 바람직하다. Ta를 주성분으로 하는 재료로는, 예를 들면, Ta와 B를 포함하는 재료, Ta와 N을 포함하는 재료, Ta와 B를 포함하고, 또한 O와 N 중 적어도 어느 것인가를 포함하는 재료, Ta와 Si를 포함하는 재료, Ta와 Si와 N을 포함하는 재료, Ta와 Ge를 포함하는 재료, Ta와 Ge와 N을 포함하는 재료 등을 이용할 수 있다. 또 예를 들면, Ta에 B, Si, Ge 등을 더함으로써, 아몰퍼스 구조가 용이하게 얻어져 평활성을 향상시킬 수 있다. 또한, Ta에 N, O를 더하면, 산화에 대한 내성이 향상하기 때문에, 경시적

인 안정성을 향상시킬 수 있다. 흡수체막(24)은 미결정 구조이거나, 또는 아몰퍼스 구조인 것이 바람직하다. 결정 구조에 대해서는 X선 회절장치(XRD)에 의해 확인할 수 있다.

[0126] 구체적으로는, 흡수체막(24)을 형성하는 탄탈을 함유하는 재료로는, 예를 들면 탄탈 금속, 탄탈에 질소, 산소, 붕소 및 탄소로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하고, 수소를 실질적으로 함유하지 않는 재료 등을 들 수 있다. 예를 들면, Ta, TaN, TaON, TaBN, TaBON, TaCN, TaCON, TaBCN 및 TaBOCN 등을 들 수 있다. 상기 재료에 대해서는 본 발명의 효과를 얻을 수 있는 범위에서, 탄탈 이외의 금속을 함유시켜도 된다. 흡수체막(24)을 형성하는 탄탈을 함유하는 재료에 붕소를 함유시키면, 흡수체막(24)을 아몰퍼스 구조(비정질)가 되도록 제어하기 쉽다.

[0127] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크의 흡수체막(24)은 탄탈과 질소를 함유하는 재료로 형성되는 것이 바람직하다. 흡수체막(24) 중의 질소 함유량은 30 원자% 이하인 것이 바람직하고, 25 원자% 이하인 것이 보다 바람직하며, 20 원자% 이하인 것이 더욱 바람직하다. 흡수체막(24) 중의 질소 함유량은 5 원자% 이상인 것이 바람직하다.

[0128] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에서는, 흡수체막(24)이, 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10 원자% 이상 50 원자% 이하인 것이 바람직하다. 흡수체막(24)이 탄탈과 질소를 함유하고, 질소의 함유량이 10 원자% 이상 50 원자% 이하인 것에 의해, 흡수체막(24)의 표면에 있어서, 상술한 소정의 베어링 에어리어(%)와 베어링 깊이(nm)와의 관계, 및 소정 범위의 최대 높이(Rmax)를 얻을 수 있으며, 더 나아가 흡수체막(24)을 구성하는 결정입자의 확대를 억제할 수 있으므로, 흡수체막(24)을 패터닝했을 때의 패턴 엣지 러프니스를 저감할 수 있다.

[0129] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에서는, 흡수체막(24)의 막 두께는, 다층 반사막(21) 또는, 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 반사율 차를 갖는 것으로 하기 위해 필요한 막 두께로 설정한다. 흡수체막(24)의 막 두께는 섀도잉 효과를 작게 하기 위해 60nm 이하인 것이 바람직하다.

[0130] 또, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)에서는, 상기 흡수체막(24)은, 상기 다층 반사막(21) 또는, 보호막(22)에 의한 반사광과 흡수체 패턴(27)에 의한 반사광과의 사이에 원하는 위상차를 갖는 위상 시프트 기능을 갖게 할 수 있다. 그 경우, EUV 광에 의한 전사 해상성이 향상된 반사형 마스크(40)를 위한 원판인 반사형 마스크 블랭크(30)를 얻을 수 있다. 또, 원하는 전사 해상성을 얻는 데 필요한 위상 시프트 효과를 발휘하기 위해 필요한 흡수체막(24)의 막 두께를 종래보다 박막화할 수 있으므로, 섀도잉 효과를 작게 한 반사형 마스크 블랭크가 얻어진다.

[0131] 위상 시프트 기능을 갖는 흡수체막(24)의 재료는 특별히 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 상기에 예로 든 Ta 단체, 또는 Ta를 주성분으로 하는 재료로 할 수 있고, 그 이외의 재료라도 상관없다. Ta 이외의 재료로는, Ti, Cr, Nb, Mo, Ru, Rh, W를 들 수 있다. 또, Ta, Ti, Cr, Nb, Mo, Ru, Rh, W 중 2 이상의 원소를 포함하는 합금이나, 이들 원소의 적층막으로 할 수 있다. 또, 이들 재료에 질소, 산소, 탄소로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유해도 된다.

[0132] 또한, 흡수체막(24)을 적층막으로 하는 경우, 동일 재료의 층의 적층막이나, 이종 재료의 층의 적층막으로 해도 된다. 흡수체막(24)을 이종 재료의 층의 적층막으로 한 경우, 이 복수층을 구성하는 재료가 서로 다른 에칭 특성을 갖는 재료로 하여, 에칭 마스크 기능을 가진 흡수체막(24)으로 해도 된다.

[0133] 또한, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는 도 5에 나타내는 구성으로 한정되는 것은 아니다. 예를 들면, 상기 흡수체막(24)의 위에, 흡수체막(24)을 패터닝하기 위한 마스크가 되는 레지스트막을 형성할 수도 있고, 레지스트막 부착 반사형 마스크 블랭크(30)도 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)로 할 수 있다. 또한, 흡수체막(24)의 위에 형성하는 레지스트막은 포지티브형이어도 네가티브형이어도 상관없다. 또, 레지스트막은 전자선 묘화용이어도 레이저 묘화용이어도 상관없다. 또한, 흡수체막(24)과 상기 레지스트막의 사이에, 이른바 하드 마스크막(에칭 마스크막(25))을 형성할 수도 있고, 이 양태도 본 발명에 있어서의 반사형 마스크 블랭크(30)로 할 수 있다.

[0134] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 흡수체막(24)의 표면 중, 마스크 블랭크용 기판(10)과는 반대측의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막(25)을 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 도 7에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는, 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면 위의 마스크 블랭크용 다층막(26)이, 다층 반사막(21), 보호막(22) 및 흡수체막(24)에 더하여, 추가로 에칭 마스크막(25)을 갖고 있다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 도 7에 나타내는 반사형 마스크 블랭크(30)의 마스크 블랭크용 다층막(26)의 최표면에 추가로 레지스트막을 가질 수 있다.

[0135] 구체적으로는, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)는, 흡수체막(24)의 재료가, Ta 단체, 또는 Ta를 주성분으로 하는 재료를 이용하는 경우, 흡수체막(24)상에 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 에칭 마스크막(25)이 형성된 구조로 되어 있는 것이 바람직하다. 이와 같은 구조의 반사형 마스크 블랭크(30)로 함으로써, 흡수체막(24)에 전사 패턴을 형성한 후, 에칭 마스크막(25)을 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스를 이용한 드라이 에칭으로 박리해도, 흡수체 패턴(27)의 광학적 특성이 양호한 반사형 마스크(40)를 제작할 수 있다. 또, 흡수체막(24)에 형성된 전사 패턴의 라인 엣지 러프니스가 양호한 반사형 마스크(40)를 제작할 수 있다.

[0136] 에칭 마스크막(25)을 형성하는 크롬을 함유하는 재료로는, 예를 들면 크롬에, 질소, 산소, 탄소 및 붕소로부터 선택되는 1 이상의 원소를 함유하는 재료 등을 들 수 있다. 예를 들면, CrN, CrON, CrCN, CrCON, CrBN, CrBON, CrBCN 및 CrBOCN 등을 들 수 있다. 상기 재료에 대해서는 본 발명의 효과가 얻어지는 범위에서 크롬 이외의 금속을 함유시켜도 된다. 에칭 마스크막(25)의 막 두께는, 전사 패턴을 정밀도 좋게 흡수체막(24)에 형성하는 에칭 마스크로서의 기능을 얻는 관점에서 3nm 이상인 것이 바람직하다. 또, 에칭 마스크막(25)의 막 두께는 레지스트막의 막 두께를 얇게 하는 관점에서 15nm 이하인 것이 바람직하다.

[0137] 다음으로, 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에 대하여, 도 4에 나타내는 다층 반사막 부착 기판(20)을 출발 재료로서 설명한다. 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법은 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면의 위에 형성된 다층 반사막(21)의 위에 흡수체막(24)을 형성한다. 또한, 도 2에 나타내는 다층 반사막 부착 기판(20)을 이용한 경우에는, 추가로 기판(10)의 이면에 상술한 바와 같이 소정의 이면 도전막(23)을 형성한다.

[0138] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에서는, 흡수체막(24)을 형성하는 공정에 있어서, 흡수체막(24)은, 흡수체막(24)에 포함되는 재료로 이루어지는 스퍼터링 타겟을 이용하는 반응성 스퍼터링법에 의해 형성되고, 반응성 스퍼터링시의 분위기 가스에 포함되는 성분이 함유되도록 흡수체막(24)이 형성되는 것이 바람직하다. 반응성 스퍼터링법에 의한 성막시에, 분위기 가스의 유량을 조절함으로써, 표면 형상이 소정의 형상이 되도록 조절할 수 있다.

[0139] 반응성 스퍼터링법에 의해 흡수체막(24)을 형성하는 경우, 분위기 가스는 불활성 가스와 질소 가스를 함유하는 혼합 가스인 것이 바람직하다. 이 경우에는, 질소의 유량을 조절할 수 있으므로, 적절한 조성을 갖는 흡수체막(24)을 얻을 수 있다.

[0140] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법에서는, 흡수체막(24)은 탄탈을 포함하는 재료의 스퍼터링 타겟을 이용하여 형성되는 것이 바람직하다. 이 결과, 탄탈을 포함하는, 광을 적절히 흡수하는 흡수체막(24)을 형성할 수 있다.

[0141] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법은, 다층 반사막(21)의 표면에 접하여 배치되는 보호막(22)을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 보호막(22)을 형성함으로써, 반사형 마스크(EUV 마스크)를 제조할 때의 다층 반사막(21)의 표면에의 데미지를 억제할 수 있으므로, EUV 광에 대한 반사율 특성이 더욱 양호해진다. 또, 제조되는 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서, 고감도 결함 검사장치를 사용한 보호막(22)의 표면의, 결함 검사에서의 의사 결함의 검출을 억제할 수 있고, 또한 치명 결함의 현재화를 도모할 수 있다.

[0142] 보호막(22)은, 보호막(22) 재료의 스퍼터링 타겟에 이온 빔을 조사하는, 이온 빔 스퍼터링법에 의해 형성되는 것이 바람직하다. 이온 빔 스퍼터링법에 의해 보호막(22) 표면의 평활화를 얻을 수 있으므로, 보호막(22)상에 형성되는 흡수체막(24)이나, 추가로 흡수체막(24)상에 형성되는 에칭 마스크막(25)의 표면을 평활화시킬 수 있다.

[0143] 본 발명의 반사형 마스크 블랭크(30)의 제조방법은 흡수체막(24)의 표면에 접하여 배치되는 에칭 마스크막(25)을 형성하는 공정을 추가로 포함하는 것이 바람직하다. 흡수체막(24)과는 드라이 에칭 특성이 다른 에칭 마스크막(25)을 형성함으로써, 흡수체막(24)에 전사 패턴을 형성할 때에 고정밀도의 전사 패턴을 형성할 수 있다.

[0144] [반사형 마스크(40)]

[0145] 다음으로, 본 발명의 일실시형태에 관한 반사형 마스크(40)에 대해 이하에 설명한다. 도 6은 본 실시형태의 반사형 마스크(40)를 나타내는 모식도이다.

[0146] 본 발명의 반사형 마스크(40)는, 상기의 반사형 마스크 블랭크(30)에 있어서의 흡수체막(24)을 패터닝하여 상기 다층 반사막(21)상 또는 상기 보호막(22)상에 흡수체 패턴(27)을 형성한 구조이다. 본 실시형태의 반사형 마스크(40)는, EUV 광 등의 노광광으로 노광하면, 반사형 마스크(40)의 표면에서 흡수체막(24)이 있는 부분에서는

노광광이 흡수되고, 그 이외의 흡수체막(24)을 제거한 부분에서는 노출한 보호막(22) 및 다층 반사막(21)에서 노광광이 반사됨으로써, 리소그래피용의 반사형 마스크(40)로서 사용할 수 있다. 본 발명의 반사형 마스크(40)를 이용한다면, 반사형 마스크(40)를 결함 검사장치 및 좌표 계측기 등에 의해 검사·계측할 때에, 재치부에 의한 기판 등의 고정시의 이면 도전막의 미끄러짐을 억제할 수 있다.

[0147] [반도체 장치의 제조방법]

[0148] 이상 설명한 반사형 마스크(40)와, 노광장치를 사용한 리소그래피 프로세스에 의해, 반도체 기판 등의 피전사체상에 형성된 레지스트막에, 반사형 마스크(40)의 흡수체 패턴(27)에 의거하는 회로 패턴 등의 전사 패턴을 전사하고, 그 외 여러 가지의 공정을 거침으로써, 반도체 기판 등의 피전사체상에 여러 가지의 전사 패턴 등이 형성된 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0149] 본 발명의 반도체 장치의 제조방법에 따르면, 고감도의 결함 검사장치를 이용한 결함 검사에 있어서, 이물이나 흠집 등의 치명 결함을 배제한 반사형 마스크(40)를 사용할 수 있으므로, 반도체 기판 등의 피전사체상에 형성된 레지스트막에 전사하는 회로 패턴 등의 전사 패턴에 결함이 없고, 미세하고 또한 고정밀도의 전사 패턴을 갖는 반도체 장치를 제조할 수 있다.

[0150] 또한, 상술한 마스크 블랭크용 기판(10), 다층 반사막 부착 기판(20) 및 반사형 마스크 블랭크(30)에 기준 마크(44)를 형성하고, 이 기준 마크(44)와, 상술한 고감도 결함 검사장치로 검출된 치명 결함의 위치를 좌표 관리할 수 있다. 얻어진 치명 결함의 위치 정보(결함 데이터)에 의거하여 반사형 마스크(40)를 제작할 때에, 상술한 결함 데이터와 피전사 패턴(회로 패턴) 데이터를 바탕으로, 치명 결함이 존재하고 있는 개소에 흡수체 패턴(27)이 형성되도록 묘화 데이터를 보정하여 결함을 저감시킬 수 있다.

[0151] **실시예**

[0152] 이하, 본 발명의 EUV 노광용의 다층 반사막 부착 기판(20), 반사형 마스크 블랭크(30) 및 반사형 마스크(40)를 제조한 예를 실시예로서 설명한다.

[0153] 우선, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기판(10)의 표면에, 다층 반사막(21)을 이하에 서술하는 바와 같이 성막하여, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 다층 반사막 부착 기판(20)을 제조했다.

[0154] <마스크 블랭크용 기판(10)의 제작>

[0155] 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2에 이용하는 마스크 블랭크용 기판(10)은 다음과 같이 하여 제조했다.

[0156] 마스크 블랭크용 기판(10)으로서, 크기가 152㎜×152㎜, 두께가 6.35㎜의 SiO_2-TiO_2계의 유리 기판을 준비하고, 양면 연마장치를 이용하여 당해 유리 기판의 표리면을, 산화 세륨 지립(砥粒)이나 콜로이달 실리카 지립에 의해 단계적으로 연마한 후, 저농도의 규불산으로 표면 처리했다. 이에 따라 얻어진 유리 기판 표면의 표면 거칠기를 원자간력 현미경으로 측정한 바, 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는 0.5nm 였다.

[0157] 당해 유리 기판의 표리면에 있어서의 148㎜×148㎜ 영역의 표면 형상(표면 형태, 평탄도), TTV(판 두께 불균일)를 파장 변조 레이저를 이용한 파장 시프트 간섭계로 측정했다. 그 결과, 유리 기판의 표리면의 평탄도는 290nm(볼록형상)였다. 유리 기판 표면의 표면 형상(평탄도)의 측정 결과는, 측정점마다 있는 기준면에 대한 높이의 정보로서 컴퓨터에 보존하는 동시에, 유리 기판에 필요한 표면 평탄도의 기준값 50nm(볼록형상), 이면 평탄도의 기준값 50nm와 비교하고, 그 차분(差分)(필요 제거량)을 컴퓨터로 계산했다.

[0158] 이어서, 유리 기판면 내를 가공 스폿 형상 영역마다, 필요 제거량에 따른 국소 표면 가공의 가공 조건을 설정했다. 사전에 더미 기판을 이용하여, 실제 가공과 동일하게 더미 기판을, 일정시간 기판을 이동시키지 않고 스폿에서 가공하고, 그 형상을 상기 표리면의 표면 형상을 측정하는 장치와 동일 측정기로 측정하여, 단위시간당에서의 스폿의 가공 체적을 산출한다. 그리고, 스폿의 정보와 유리 기판의 표면 형상의 정보로부터 얻어진 필요 제거량에 따라, 유리 기판을 래스터 주사할 때의 주사 스피드를 결정했다.

[0159] 설정한 가공 조건에 따라, 자기점탄성 유체에 의한 기판 마무리 장치를 이용하여, 자기점탄성 유체 연마(Magneto Rheological Finishing: MRF) 가공법에 의해 유리 기판의 표리면 평탄도가 상기의 기준값 이하가 되도록 국소 표면 가공 처리를 하여 표면 형상을 조정했다. 또한, 이때 사용한 자기점탄성 유체는 철 성분을 포함하고 있고, 연마 슬러리는, 연마제로서 산화 세륨을 약 2wt% 포함하는 알칼리 수용액을 이용했다. 그 후, 유리 기판을 농도 약 10%의 염산 수용액(온도 약 25℃)이 들어간 세정조에 약 10분간 침지한 후, 순수에 의한

린스, 이소프로필 알콜(IPA) 건조를 실시했다.

[0160] 얻어진 유리 기판 표면의 표면 형상(표면 형태, 평탄도)을 측정한 바, 표리면의 평탄도는 약 40~50nm이었다. 또, 유리 기판 표면의 표면 거칠기를, 전사 패턴 형성영역(132㎜×132㎜)의 임의의 개소 1㎛×1㎛의 영역에 있어서, 원자간력 현미경을 이용하여 측정한 바, 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는 0.37nm로 되어 있어 MRF에 의한 국소 표면 가공 전의 표면 거칠기보다 거칠어진 상태로 되어 있었다.

[0161] 그 때문에, 유리 기판의 표리면에 대하여, 유리 기판 표면의 표면 형상이 유지 또는 개선되는 연마조건으로 양면 연마장치를 이용하여 양면 연마를 실시했다. 이 마무리 연마는 이하의 연마 조건으로 실시했다.

[0162] 가공액: 알칼리 수용액(NaOH)+연마제(농도: 약 2wt%)

[0163] 연마제: 콜로이달 실리카, 평균 입경: 약 70nm

[0164] 연마 정반 회전수: 약 1~50rpm

[0165] 가공 압력: 약 0.1~10kPa

[0166] 연마 시간: 약 1~10분

[0167] 그 후, 유리 기판을 알칼리 수용액(NaOH)으로 세정하고, EUV 노광용의 마스크 블랭크용 기판(10)을 얻었다.

[0168] 얻어진 마스크 블랭크용 기판(10)의 표리면의 평탄도, 표면 거칠기를 측정한 바, 표리면 평탄도는 약 40nm로 양면 연마장치에 의한 가공전 상태를 유지 또는 개선하고 있어 양호했다. 또, 얻어진 마스크 블랭크용 기판(10)에 대하여, 전사 패턴 형성영역(132㎜×132㎜)의 임의의 개소 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정한 바, 그 표면 거칠기는 제곱 평균 평방근 거칠기(Rms)는 0.13nm, 최대 높이(Rmax)는 1.2nm이었다.

[0169] 또한, 본 발명에 있어서의 마스크 블랭크용 기판(10)의 국소 가공 방법은 상술한 자기점탄성 유체 연마 가공법으로 한정되는 것은 아니다. 가스 클러스터 이온 빔(Gas Cluster Ion Beams: GCIB)이나 국소 플라스마를 사용한 가공방법이어도 된다.

[0170] 이상과 같이 하여, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2에 이용하는 마스크 블랭크용 기판(10)을 제조했다.

[0171] <다층 반사막(21)의 제작>

[0172] 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 다층 반사막(21)의 성막은 다음 같이 하여 실시했다. 즉, Mo 타겟 및 Si 타겟을 사용하여, 이온 빔 스퍼터링에 의해 Mo 층(저굴절률층, 두께 2.8nm) 및 Si 층(고굴절률층, 두께 4.2nm)을 교대로 적층하고(적층수 40페어), 다층 반사막(21)을 상술한 마스크 블랭크용 기판(10)상에 형성했다. 이온 빔 스퍼터링법에 의한 다층 반사막(21)의 성막시, 이온 빔 스퍼터링에 있어서의 마스크 블랭크용 기판(10)의 주표면의 법선에 대한 Mo 및 Si 스퍼터 입자의 입사각도는 30도, 이온 소스의 가스 유량은 8sccm으로 하였다.

[0173] 다층 반사막(21)의 성막 후, 추가로 연속하여 다층 반사막(21)상에 이온 빔 스퍼터링에 의해 Ru 보호막(22)(막두께 2.5nm)을 성막하여 다층 반사막 부착 기판(20)으로 했다. 이온 빔 스퍼터링법에 의한 Ru 보호막(22)의 성막시, 기판(10)의 주표면의 법선에 대한 Ru 스퍼터 입자의 입사각도는 40도, 이온 소스의 가스 유량은 8sccm으로 하였다.

[0174] <기준 마크(44)의 형성>

[0175] 다음으로, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 Ru 보호막(22) 및 다층 반사막(21)의, 132㎜×132㎜의 외측 네 귀퉁이의 소정 위치에, 길이 550㎛인 십자형의 기준 마크(44)를 포토리소그래피법에 의해 형성했다. 우선, Ru 보호막(22)의 표면에 레지스트막을 형성하고, 소정의 기준 마크(44) 패턴을 묘화 및 현상하여 기준 마크(44) 패턴의 레지스트 패턴을 형성했다. 다음으로, 이 레지스트 패턴을 마스크로 하여 F계 가스인 ClF_3 가스에 의해 Ru 보호막(22) 및 다층 반사막 부착 기판(20)을 드라이 에칭함으로써, Ru 보호막(22) 및 다층 반사막 부착 기판(20)에 기준 마크(44)를 형성했다. 그 후, 불필요해진 레지스트 패턴을 박리했다. 도 10에 이 기준 마크(44)를 갖는 반사형 마스크(40)를 나타낸다.

[0176] <흡수체막(24)의 제작>

[0177] 다음으로, 상술한 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 다층 반사막 부착 기판

(20)의 보호막(22)의 표면에 DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 흡수체막(24)을 작성했다. 흡수체막(24)은 흡수층인 TaBN 막 및 저반사층인 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막의 흡수체막(24)으로 했다. 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 흡수체막(24)의 성막방법은 다음과 같다.

[0178] 우선, 상술한 다층 반사막 부착 기판(20)의 보호막(22) 표면에 DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 흡수층으로서 TaBN 막을 성막했다. 이 TaBN 막은 TaB 혼합 소결 타겟(Ta:B=80:20, 원자비)에 다층 반사막 부착 기판(20)을 대향시키고, Ar 가스 및 N_2 가스의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 실시했다. 표 1에, TaBN 막을 성막할 때의 Ar 가스 및 N_2 가스의 유량 등의 성막조건을 나타낸다. 성막 후, X선 광전자 분광법(XPS법)에 의해 TaBN 막의 원소 조성을 측정했다. 표 1에, XPS법에 의해 측정한 TaBN 막의 원소 조성을 TaBN 막의 막 두께와 함께 나타낸다. 또한, 상기 TaBN 막의 결정 구조를 X선 회절장치(XRD)에 의해 측정한 바, 아몰퍼스 구조였다.

[0179] 다음으로, TaBN 막의 위에 추가로, Ta, B 및 O를 포함하는 TaBO 막(저반사층)을 DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 형성했다. 이 TaBO 막은 제 1 막인 TaBN 막과 마찬가지로, TaB 혼합 소결 타겟(Ta:B=80:20, 원자비)에 다층 반사막 부착 기판(20)을 대향시키고, Ar 및 O_2의 혼합 가스 분위기 중에서 반응성 스퍼터링을 실시했다. 표 1에, TaBO 막을 성막할 때의 Ar 가스 및 O_2 가스의 유량 등의 성막조건을 나타낸다. 성막 후, X선 광전자 분광법(XPS법)에 의해 TaBO 막의 원소 조성을 측정했다. 표 1에, XPS법에 의해 측정한 TaBO 막의 원소 조성을, TaBO 막의 막 두께와 함께 나타낸다. 또한, 상기 TaBO 막의 결정 구조를 X선 회절장치(XRD)에 의해 측정한 바, 아몰퍼스 구조였다. 이상과 같이 하여, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 흡수체막(24)(적층막)을 성막했다.

[0180] [표 1]

[0181]

흡수층	타겟 재료		TaB혼합 소결 타겟 (Ta:B=80:20, 원자비)
	성막 가스	Ar(sccm)	12.4
		N_2(sccm)	6.0
	막 조성(XPS법)		TaBN 층
		Ta(원자%)	74.7
		B(원자%)	12.1
		N(원자%)	13.2
	막 두께(nm)		56
저반사층	타겟 재료		(흡수층과 동일)
	성막 가스	Ar(sccm)	57.0
		O_2(sccm)	28.6
	막 조성(XPS법)		TaBO 층
		Ta(원자%)	40.7
		B(원자%)	6.3
		O(원자%)	53.0
	막 두께(nm)		14
합계 막 두께(nm)			70

[0182] <이면 도전막(23)의 제작>

[0183] 상술한 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 다층 반사막 부착 기판(20)의 다층 반사막(21)을 형성하고 있지 않은 이면에, DC 마그네트론 스퍼터링법에 의해 다음과 같이 하여 이면 도전막(23)을 형성했다. 표 2에 형성한 이면 도전막(23)의 조성 및 막 두께 등을 나타낸다.

[0184] <비교예 A의 이면 도전막(23)의 제작>

[0185] 비교예 A의 이면 도전막(23)은 다음 같이 하여 성막했다. 즉, Cr 타겟을 다층 반사막 부착 기판(20)의 이면에 대향시키고, Ar 가스(유량: 24sccm) 및 N_2 가스(유량: 6sccm)의 혼합 가스를 성막 가스로서 이용하여 반응성 스퍼터링을 실시했다. 이면 도전막(23)의 성막 시간을 조절함으로써, 비교예 A의 이면 도전막(23)의 막 두께를

20nm로 했다.

[0186] <실시예 2의 이면 도전막(23)의 제작>

[0187] 실시예 2의 이면 도전막(23)으로서 CrN/CrCN/CrON의 3층으로 이루어지는 이면 도전막(23)을 인라인형 스퍼터링 장치에 의해 스퍼터링 성막했다. 우선, 크롬 타겟을 이용하고, 아르곤(Ar)과 질소(N)의 혼합 가스 분위기(Ar: 72체적%, N_2: 28체적%, 압력 0.3Pa) 중에서 반응성 스퍼터링에 의해 막 두께 15nm의 CrN 막을 형성하고, 이어서, 크롬 타겟을 이용하여 아르곤과 메탄의 혼합 가스 분위기(Ar: 96.5체적%, CH4: 3.5체적%, 압력 0.3Pa) 중에서 반응성 스퍼터링에 의해 막 두께 25nm의 CrC 막을 형성했다. 또한, 인라인형 스퍼터링 장치로 성막했기 때문에, CrC 막에는 N이 포함되어 있어 실제로는 CrCN 막으로 되어 있었다. 마지막으로, 크롬 타겟을 이용하고, 아르곤과 일산화질소의 혼합 가스 분위기(Ar: 87.5체적%, NO: 12.5체적%, 압력 0.3Pa) 중에서 반응성 스퍼터링에 의해 막 두께 20nm의 CrON 막을 형성했다. 얻어진 CrN 막에 있어서의 질소의 함유량은 20at%, CrC 막(CrCN 막)에 있어서의 탄소의 함유량은 6at%, CrON 막에 있어서의 산소의 함유량은 45at%, 질소의 함유량은 25at% 이었다. 또한, 상술한 막 두께는 단체의 막을 성막한 경우의 막 두께이지만, CrN/CrCN/CrON의 3층을 성막한 후, 3층 전체의 막 두께를 측정한 바, 70nm였다.

[0188] <참고예 3의 이면 도전막(23)의 제작>

[0189] 참고예 3의 이면 도전막(23)은 성막 시간의 조정에 의해 막 두께를 50nm로 한 것 이외에는 비교예 A의 이면 도전막(23)과 같은 조건으로 성막했다.

[0190] <참고예 4의 이면 도전막(23)의 제작>

[0191] 참고예 4의 이면 도전막은 다음 같이 하여 성막했다. 즉, Cr 타겟을 다층 반사막 부착 기판(20)의 이면에 대향시키고, Ar 가스(유량: 48sccm) 및 N_2 가스(유량: 6sccm)의 혼합 가스를 성막 가스로서 이용하여 반응성 스퍼터링을 실시했다. 이면 도전막(23)의 성막 시간을 조절함으로써, 참고예 4의 이면 도전막(23)의 막 두께를 200nm로 했다.

[0192] <실시예 5의 이면 도전막(23)의 제작>

[0193] 실시예 5의 이면 도전막(23)은 다음과 같이 하여 성막했다. 즉, Ta 타겟을 다층 반사막 부착 기판(20)의 이면에 대향시키고, Xe 가스(유량: 12sccm) 및 N_2 가스(유량: 6sccm)의 혼합 가스를 성막 가스로서 이용하여 반응성 스퍼터링을 실시했다. 이면 도전막(23)의 성막 시간을 조절함으로써, 실시예 5의 이면 도전막(23)의 막 두께를 70nm로 했다.

[0194] <비교예 1의 이면 도전막(23)의 제작>

[0195] 비교예 1의 이면 도전막(23)은 성막 시간의 조절에 의해 막 두께를 200nm로 한 것 이외에는 비교예 A의 이면 도전막(23)과 같은 조건으로 성막했다.

[0196] <비교예 2의 이면 도전막(23)의 제작>

[0197] 비교예 2의 이면 도전막(23)의 성막은, 성막 가스의 혼합비를, Ar 가스 유량 24sccm 및 N_2 가스 유량 8sccm으로 한 것 이외에는 상술한 비교예 A 및 비교예 1의 이면 도전막(23)과 마찬가지로 실시했다. 또, 이면 도전막(23)의 성막 시간을 조절함으로써, 비교예 2의 이면 도전막(23)의 막 두께를 20nm로 했다.

[0198] 이상과 같이 하여, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)를 얻었다.

[0199] [표 2]

	비교예 A	실시예 2	비교예 1	비교예 2
이면 도전막 재료	CrN	CrN/CrCN /CrON	CrN	CrN
막 두께(nm)	20	70	200	20
Rmax(nm)	1.53	8.15	17.7	1.26
Rms(nm)	0.152	0.83	2.89	0.141
베어링 커브의 비 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$ (%/nm)	258.065	46.893	10.979	275.86
평가용 패턴의 좌표의 계측 정밀도 (nm)	2.4	2.2	2.1	8.0
이면 도전막 표면의 결함 검사의 가부	○	○	×	○

[0200]

[0201] [표 3]

	참고예 3	참고예 4	실시예 5
이면 도전막 재료	CrN	CrN	TaN
막 두께(nm)	50	200	70
Rmax (nm)	3.27	14.8	2.84
Rms (nm)	0.355	1.432	0.343
베어링 커브의 비 (BA70-BA30) / (BD70-BD30) (%/nm)	111.1	19.1	111.1
평가용 패턴의 좌표의 계측 정밀도 (nm)	2.3	2.1	2.4
이면 도전막 표면의 결함 검사의 가부	○	○	○

[0202]

[0203] <원자간력 현미경에 의한 측정>

[0204] 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2로서 얻어진 반사형 마스크 블랭크(30)의 이면 도전막(23)의 표면에 대하여, 임의의 개소(구체적으로는 이면 도전막(23)이 형성된 기판의 중심, 및 좌표 계측기의 재치부가 이면 도전막(23)에 맞닿는 위치)의 1㎛×1㎛의 영역을 원자간력 현미경으로 측정했다. 표 2 및 표 3에, 원자간력 현미경에 의한 측정에 의해 얻어진 표면 거칠기(Rmax, Rms), 및 베어링 에어리어 30%를 BA_{30}, 베어링 에어리어 70%를 BA_{70}, 베어링 에어리어 30% 및 70%에 대응하는 베어링 깊이를 각각 BD_{30} 및 BD_{70} 이라고 정의했을 때의, $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값(%/nm)을 나타낸다. 또한, 표 2 및 표 3에 기재하고 있는 표면 거칠기(Rmax, Rms) 및 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값은 10회 측정한 측정값의 평균값이다.

[0205] 도 8에 비교예 A 및 실시예 2의 베어링 커브 측정결과를 나타낸다. 또, 도 9에 비교예 1 및 2의 베어링 커브 측정결과를 나타낸다. 도 8 및 도 9에 있어서, 종축은 베어링 에어리어(%), 횡축은 베어링 깊이(nm)이다. 참고를 위해, 도 8에, 실시예 2의 베어링 커브 측정결과에 있어서의 BA_{70}, BA_{30}, BD_{70} 및 BD_{30} 을 나타낸다.

[0206] 도 8에 나타내는 비교예 A 및 실시예 2의 경우에는 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 각각 258.065(%/nm) 및 46.893(%/nm)으로, 15~260(%/nm)의 범위였다. 한편, 도 9에 나타내는 비교예 1 및 2의 경우에는 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 각각 10.979(%/nm) 및 275.86(%/nm)으로, 15~260(%/nm)의 범위 외였다.

[0207] 또, 참고예 3에서는 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 111.1(%/nm), 참고예 4에서는 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 19.1(%/nm), 실시예 5에서는 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 111.1(%/nm)로, 15~260(%/nm)의 범위였다.

[0208] 또, 표 2 및 표 3에 나타내는 바와 같이, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4의 이면 도전막(23)의 표면의 1㎛×1㎛의 영역에 있어서, 원자간력 현미경으로 측정해 얻어지는 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)는 1.3nm 이상 15nm 이하였다. 한편, 비교예 1 및 2의 이면 도전막(23)의 표면의 1㎛×1㎛의 영역에 있어서, 원자간력 현미경

으로 측정하여 얻어지는 표면 거칠기의 최대 높이(Rmax)는 1.3nm 이상 15nm 이하의 범위 외였다.

[0209] 다음으로, 상술한 바와 같이 하여 얻어진 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 이면 도전막(23)의 표면을, 레이저 테크사 제조 마스크·블랭크스 결함 검사장치(MAGICS M1350)를 이용하여 결함 검사했다. 표 2 및 표 3에, 결함 검사결과를 나타낸다. 표 2 및 표 3 중에서, 「○」는 검사 가능한 것을 나타내고, 「×」는 검사 불가(결함 검출 개수의 오버플로우로 검사 도중에 검사를 중단)인 것을 나타낸다. 표 2에서 명확한 바와 같이, 비교예 1의 경우에는 결함 검출 개수가 너무 많았기 때문에, 오버플로우가 되어 결함 검사를 실시할 수 없었다. 이것으로부터, 비교예 1과 같이, 베어링 커브의 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 10.979(%/nm)이며, 20(%/nm) 미만인 경우에는 의사 결함에 의한 외관상의 결함 검출 개수가 증가하기 때문에, 결함 검사장치에 의한 측정이 불가능하게 되는 것이 시사된다.

[0210] 도 11은, 비교예 A의 베어링 깊이(nm)와 그 빈도(%)의 관계를 플롯한 도수 분포를 나타내는 그래프이다. 그래프의 종축(Hist.)은 빈도(%), 횡축(Depth)은 베어링 깊이(nm)이다.

[0211] 도 11의 그래프로부터, 반치폭 FWHM(full width at half maximum)의 중심에 대응하는 베어링 깊이(BDM)(nm)(도 11의 예에서는 (BD1+BD2)/2의 베어링 깊이인 점선)의 절대값과, 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값(nm)(도 11의 예에서는 「1/2 Rmax」라고 기재한 종축에 평행한 직선으로서 도시하고 있다.)을 구했다. 그 결과, 반치폭 FWHM의 중심에 대응하는 베어링 깊이(nm)는 0.707nm, 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값(nm)은 0.77nm 였다. 따라서, 비교예 A의 CrN 막 표면은 반치폭 FWHM의 중심값에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값보다 작은 표면 형태를 갖고 있는 것이 확인되었다.

[0212] 이 비교예 A의 이면 도전막 표면을 정전 척에 의해 척킹하기 전과, 반복 5회 착탈한 후의 결함 개수를 결함 검사장치(레이저 테크사 제조 MAGICS1350)에 의해 0.2㎛ 이상의 크기의 증가 결함수를 조사했다. 측정영역은 이면 도전막의 중심 132mm×132mm의 영역을 측정했다. 그 결과, 증가 결함수는 54개가 되어 100개 미만으로 양호한 결과가 얻어졌다.

[0213] 다음으로, 반복 5회 착탈한 후의 비교예 A의 이면 도전막 표면을 알칼리 세정액으로 세정한 바, 0.2㎛ 이상의 크기의 결함 개수는 7개로 저감하고, 양호한 표면 상태를 얻을 수 있었다.

[0214] 다음으로, 실시예 2 및 실시예 5에 대해서도 마찬가지로, 반치폭 FWHM(full width at half maximum)의 중심에 대응하는 베어링 깊이(nm)의 절대값과 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값(nm)을 구했다. 그 결과, 실시예 2의 경우, 반치폭 FWHM의 중심에 대응하는 베어링 깊이(nm)는 5.10nm, 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값(nm)은 4.08nm 였다. 한편, 실시예 5의 경우, 반치폭 FWHM의 중심에 대응하는 베어링 깊이(nm)는 1.42nm, 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값(nm)은 1.42nm 였다. 따라서, 실시예 2의 CrN 막 표면과 실시예 5의 TaN 막 표면은 반치폭 FWHM의 중심값에 대응하는 베어링 깊이의 절대값이, 최대 높이(Rmax)의 2분의 1에 대응하는 베어링 깊이의 절대값 이상의 표면 형태를 갖고 있는 것이 확인되었다.

[0215] 이 실시예 2 및 실시예 5의 이면 도전막 표면을 정전 척에 의해 척킹하기 전과 반복 5회 착탈한 후의 결함 개수를 결함 검사장치(레이저 테크사 제조 MAGICS1350)에 의해 0.2㎛ 이상의 크기의 증가 결함수를 조사했다. 측정영역은 이면 도전막의 중심 132mm×132mm의 영역을 측정했다. 그 결과, 실시예 2의 증가 결함수는 788개, 실시예 5의 증가 결함수는 176개로 모두 100개 초과였다.

[0216] 그러나, 반복 5회 착탈한 후의 실시예 2 및 실시예 5의 이면 도전막 표면을 알칼리 세정액으로 세정한 바, 0.2㎛ 이상의 크기의 결함 개수는 실시예 2의 경우, 23개, 실시예 5의 경우, 11개로 저감하여 양호한 표면 상태를 얻을 수 있었다.

[0217] <좌표 계측 측정 평가용 마스크(40)의 제작>

[0218] 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24)의 표면에, 스핀 코트법에 의해 레지스트를 도포하고, 가열 및 냉각 공정을 거쳐 막 두께 150nm인 레지스트막을 성막했다. 이어서, 도 10에 나타내는 좌표 계측 측정 평가용 패턴(42)(단지, 「평가용 패턴(42)」이라고 한다.)의 묘화 및 현상 공정을 거쳐 레지스트 패턴 형성했다.

[0219] 도 10에, 평가용 패턴(42)을 갖는 반사형 마스크(40)(좌표 계측 측정 평가용 마스크(40))를 나타낸다. 도 10에 나타내는 반사형 마스크(40)는 132mm×132mm 내에 등(等) 간격으로, 20개×20개(합계 400개)의 평가용 패턴

(42)(홀 패턴(42), 사이즈는 한 변 500nm의 직사각형상)을 흡수체막(24)에 형성한 것이다. 또한, 도 10에 나타내는 바와 같이, 132mm×132mm의 외측의 네 귀퉁이에, 상술한 십자형의 기준 마크(44)(길이 550㎛)가 형성되어 있다.

[0220] 구체적으로는, 좌표 계측 측정 평가용 마스크(40)의 제조를 위해, 우선, 좌표 계측기(KLA-Tencor사 제조 IPRO)를 이용하여 반사형 마스크 블랭크(30)에 형성된 기준 마크(44)의 좌표(십자의 중심)를 계측했다. 다음으로, 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24)상에 레지스트액을 도포하여 레지스트막을 형성했다. 다음으로, 레지스트막에 대하여, 상술한 평가용 패턴(42)을 전자선 묘화(EB묘화)하고, 현상을 실시하여 레지스트 패턴을 형성했다. 평가용 패턴(42)의 전자선 묘화시, 상술한 기준 마크(44)는 다층 반사막(21)상에 형성된 흡수체막(24) 및 레지스트막에도 반영하여 형성되어 있으므로, EB에서 기준 마크(44)를 검출하여 기준 마크(44)와 평가용 패턴(42)의 좌표와의 상관(相關)을 취했다. 기준 마크(44)의 기준 좌표는 기준 마크(44)의 십자의 중심이다. 다음으로, 레지스트 패턴을 마스크로 하여 흡수체막(24)을 Cl계 가스(예를 들면, 염소(Cl_2) 및 산소(O_2)의 혼합 가스)에 의해 드라이 에칭하여 흡수체 패턴(27)을 형성했다. 마지막으로 레지스트막을 박리하여 좌표 계측 측정 평가용 마스크(40)를 얻었다.

[0221] <평가용 패턴(42)의 계측 정밀도의 평가방법>

[0222] 좌표 계측 측정 평가용 마스크(40)를 좌표 계측기(KLA-Tencor사 제조 IPRO)로 좌표 계측 측정 평가용 마스크(40)의 기준 마크(44)의 좌표를 계측한 후, 평가용 패턴(42)의 좌표를 계측함으로써, 평가용 패턴(42)(홀 패턴(42)의 좌표)의 계측 정밀도를 측정했다. 표 2 및 표 3에, 측정에 의해 얻어진 평가용 패턴(42)의 계측 정밀도를 나타낸다. 표 2 및 표 3에서 명확한 바와 같이, 비교예 2의 경우에는 평가용 패턴(42)의 계측 정밀도가 8.0nm로, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4와 비교하여 컸다. 이것으로부터, 비교예 2와 같이, 베어링 커브의 $(BA_{70}-BA_{30})/(BD_{70}-BD_{30})$의 값이 275.86(%/nm)이며, 260(%/nm)을 넘는 경우에는 좌표 계측기에 의한 계측시에 평가용 마스크의 미끄러짐이 생겨 평가용 패턴(42)의 위치 정밀도가 악화되는 것이 시사된다.

[0223] <반사형 마스크(40)의 제작 및 반도체 장치의 제조>

[0224] 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크 블랭크(30)의 흡수체막(24)의 표면에, 스핀 코트법에 의해 레지스트를 도포하고, 가열 및 냉각 공정을 거쳐 막 두께 150nm의 레지스트막을 성막했다. 이어서, 원하는 패턴의 묘화 및 현상 공정을 거쳐 레지스트 패턴 형성했다. 당해 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 소정의 드라이 에칭에 의해 흡수체막(24)의 패터닝을 실시하여 보호막(22)상에 흡수체 패턴(27)을 형성했다. 또한, 흡수체막(24)이 TaBN 막인 경우에는 Cl_2 및 He의 혼합 가스에 의해 드라이 에칭할 수 있다. 또, 흡수체막(24)이 TaBN 막 및 TaBO 막의 2층으로 이루어지는 적층막인 경우에는 염소(Cl_2) 및 산소(O_2)의 혼합 가스(염소(Cl_2) 및 산소(O_2)의 혼합비(유량비)는 8:2)에 의해 드라이 에칭할 수 있다.

[0225] 그 후, 레지스트막을 제거하고, 상기와 마찬가지의 약액 세정을 실시하여 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 그리고 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)를 제작했다. 또한, 상술한 묘화 공정에 있어서는 상기 기준 마크를 바탕으로 작성된 결함 데이터에 의거하여, 결함 데이터와 피전사 패턴(회로 패턴) 데이터를 바탕으로, 치명 결함이 존재하고 있는 개소에 흡수체 패턴(27)이 배치되도록 묘화 데이터를 보정하여 반사형 마스크(40)를 제작했다. 얻어진 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4, 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)에 대하여 고감도 결함 검사장치(KLA-Tencor사 제조 「Teron610」)를 사용하여 결함 검사를 실시했다.

[0226] 좌표 계측기의 재치부에 의한 이면 도전막의 미끄러짐이 억제되어 좌표 계측기에 의한 패턴의 계측시의 위치 정밀도가 양호함에 따라, 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4의 반사형 마스크(40)의 고감도 결함 검사장치에 의한 측정에서는 결함은 적고, 실용상 문제없는 레벨이었다. 한편, 비교예 1 및 2의 반사형 마스크(40)의 경우에는 좌표 계측기의 재치부에 의한 이면 도전막의 미끄러짐에 의해, 좌표 계측기에 의한 패턴의 계측시의 위치 정밀도가 악화됨에 따라, 고감도 결함 검사장치에 의한 측정에 의해 다수의 결함이 검출되었다.

[0227] 다음으로, 상술한 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4의 반사형 마스크(40)를 사용하고, 노광장치를 사용하여 반도체 기판인 피전사체상의 레지스트막에 패턴 전사를 실시하고, 그 후, 배선층을 패터닝하여 반도체 장치를 제작하면, 패턴 결함이 없는 반도체 장치를 제작할 수 있다.

[0228] 또한, 상술한 다층 반사막 부착 기판(20), 반사형 마스크 블랭크(30)의 제작에 있어서, 마스크 블랭크용 기판(10)의 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면에, 다층 반사막(21) 및 보호막(22)을 성막한 후, 상기 주표면과는 반대측의 이면에 이면 도전막(23)을 형성했지만 이것에 한정되지 않는다. 마스크 블랭크용 기판(10)의 전사 패턴

이 형성되는 측의 주표면과는 반대측의 주표면에 이면 도전막(23)을 형성하고, 도전막 부착 기판을 준비한 후, 전사 패턴이 형성되는 측의 주표면에, 다층 반사막(21)이나, 추가로 보호막(22)을 성막하여 다층 반사막 부착 기판(20), 더 나아가 보호막(22)상에 흡수체막(24)을 성막하여 반사형 마스크 블랭크(30)를 제작해도 상관없다. 이 제작방법에 의한 반사형 마스크 블랭크(30)의 경우에는 상술한 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4와 비교하여 이면 도전막 표면의 결함 개수는 약간 증가했지만, 평가용 패턴의 좌표의 계측 정밀도는 2.5nm 이하가 되어, 상술의 비교예 A, 실시예 2 및 5, 참고예 3 및 4와 마찬가지의 효과가 얻어지는 것을 확인했다. 결함 검사장치의 재치부가, 다층 반사막 부착 기판(20)이나 반사형 마스크 블랭크(30)의 이면 도전막(23)에 맞닿아서 결함 검사를 실시하는 경우, 다층 반사막 부착 기판(20)이나 반사형 마스크 블랭크(30)의 결함 검사에 있어서도 검출 결함의 위치 정밀도가 향상되므로 바람직하다.

[0229] 이상, 본 발명자에 의해 이루어진 발명을 실시형태에 의거하여 설명했지만, 본 발명은 상기 실시형태에 한정되는 것이 아니고, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 여러 가지 변경 가능하다는 것은 말할 것도 없다.

[0230] 본 출원은 2013년 9월 27일에 출원된 일본국 특허출원 제2013-202494호로부터의 우선권을 기초로 하여 그 이익을 주장하는 것이며, 그 개시는 여기에 전체적으로 참고 문헌으로서 넣는다.

부호의 설명

[0231] 10: 마스크 블랭크용 기판

20: 다층 반사막 부착 기판

21: 다층 반사막 22: 보호막

23: 이면 도전막 24: 흡수체막

25: 에칭 마스크막 26: 마스크 블랭크용 다층막

27: 흡수체 패턴 30: 반사형 마스크 블랭크

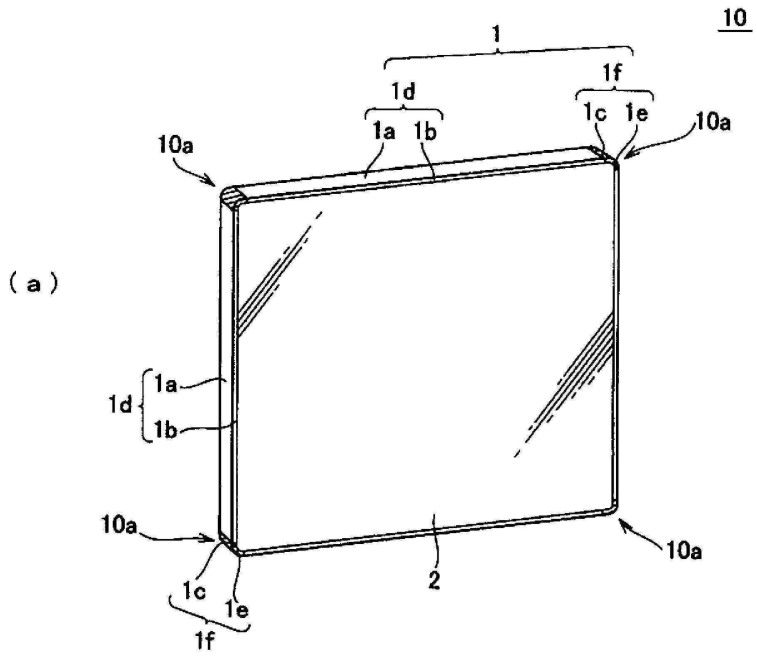
40: 반사형 마스크(좌표 계측 측정 평가용 마스크)

42: 평가용 패턴(홀 패턴) 44: 기준 마크

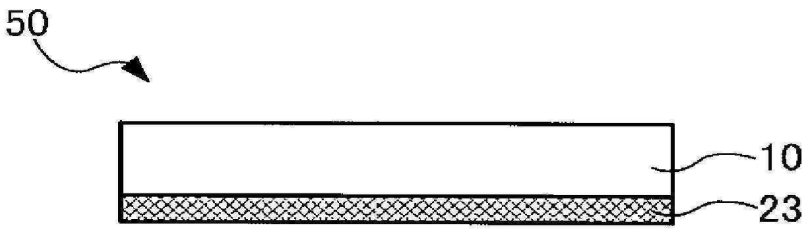
50: 도전막 부착 기판

도면

도면1

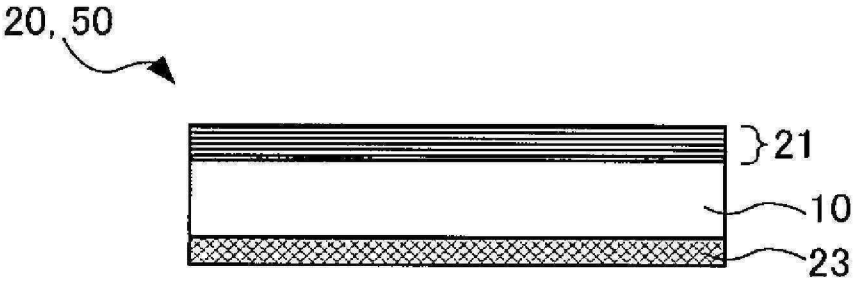

(a)
10
1
1d
1a
1b
1f
1c
1e
10a
10a
10a
1d
1a
1b
10a
1c
1e
1f
2
(b)
10
2
1b
1a
1b
1d
2

도면2

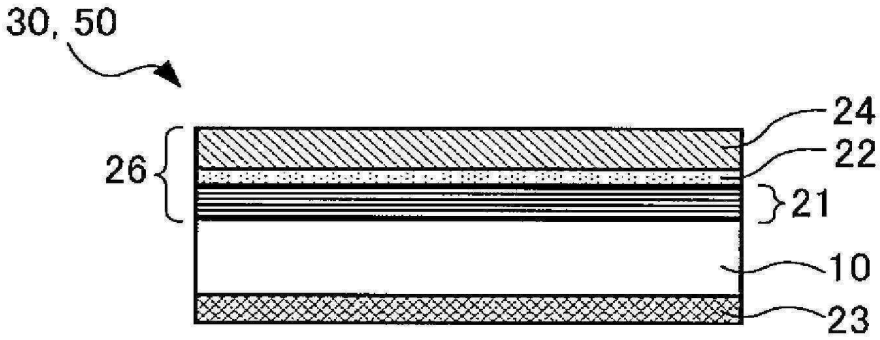

50
10
23

도면3

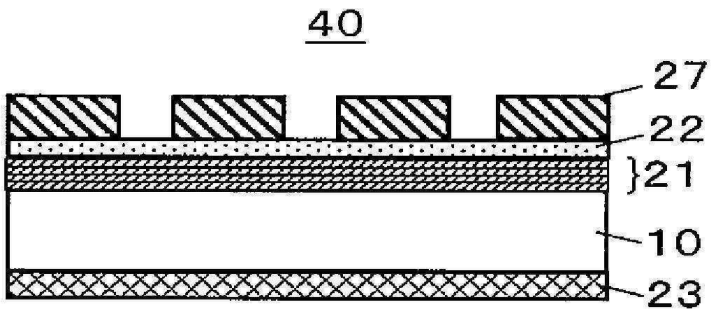
도면4



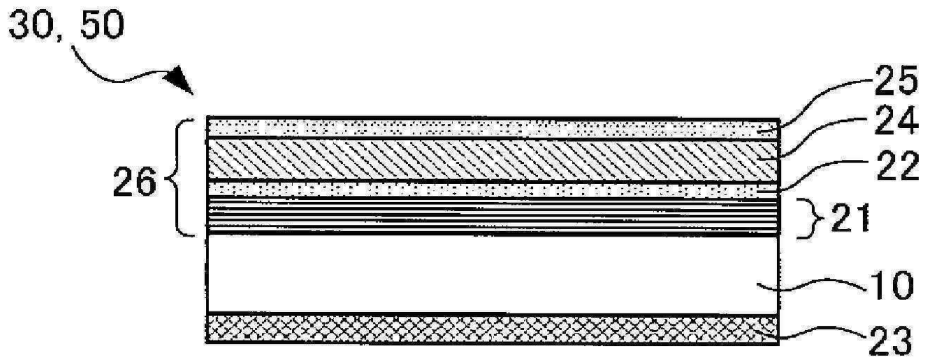
도면5



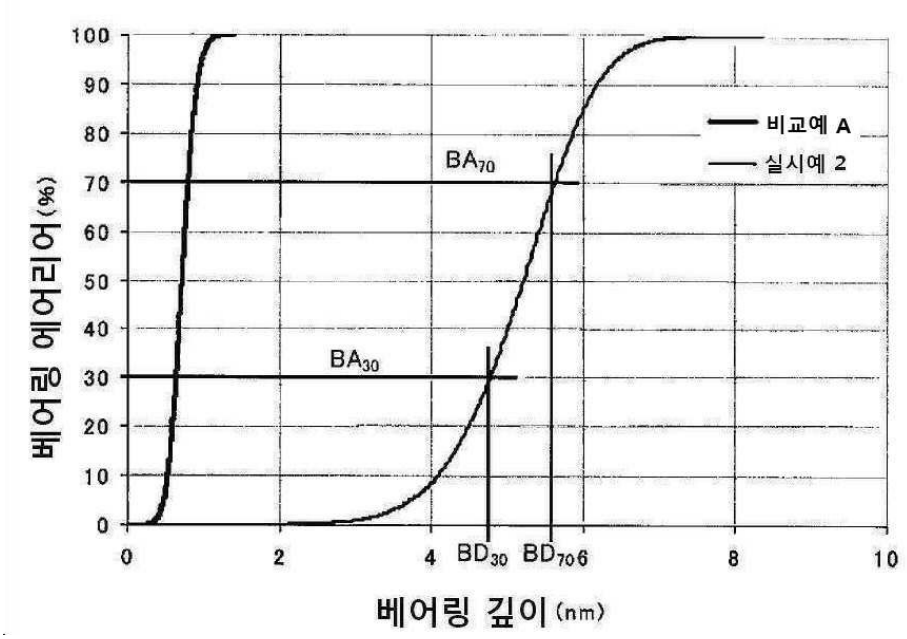
도면6



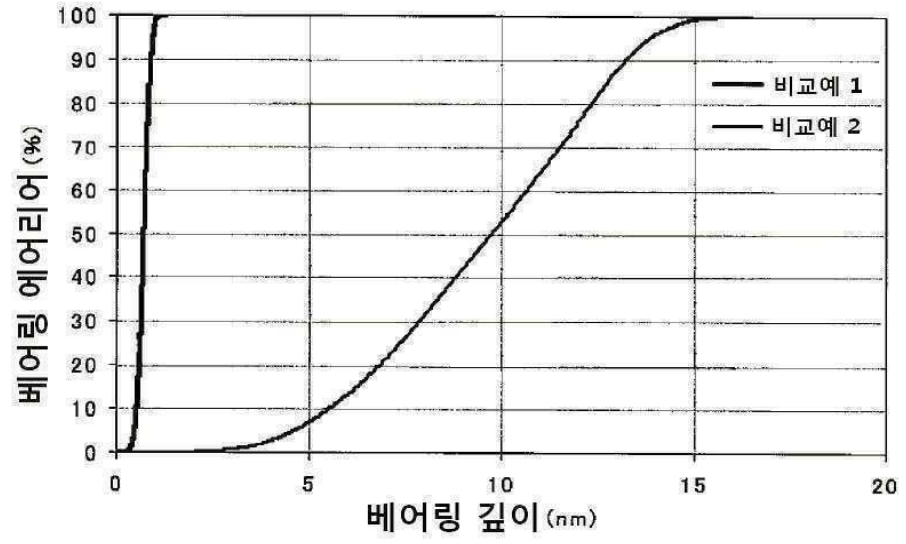
도면7


30, 50
25
24
22
26
21
10
23

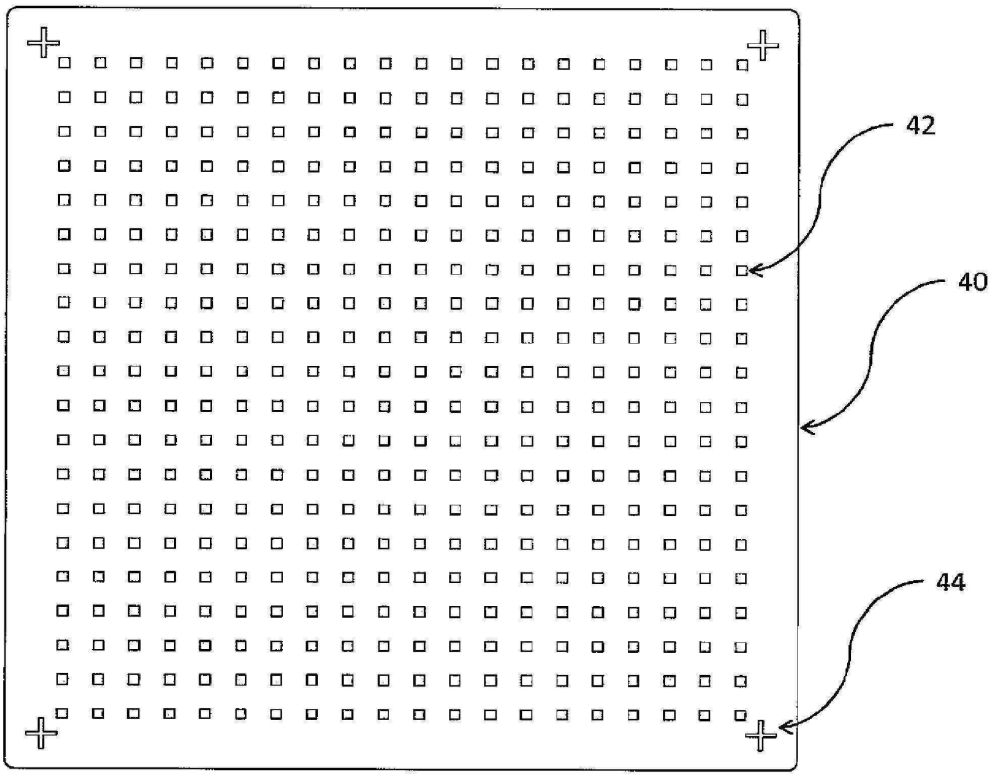
도면8


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
베어링 에어리어 (%)
BA70
BA30
비교예 A
실시예 2
0
2
4
BD30
BD706
8
10
베어링 깊이 (nm)

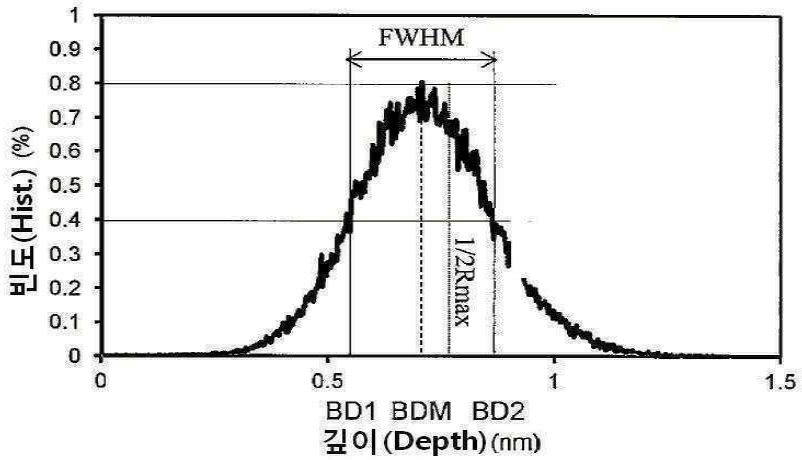
도면9


100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
베어링 에어리어 (%)
비교예 1
비교예 2
0
5
10
15
20
베어링 깊이 (nm)

도면10


42
40
44

도면11


FWHM
1/2Rmax
빈도(Hist.) (%)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0
0.5
1
1.5
BD1 BDM BD2
깊이 (Depth) (nm)