



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년11월14일
(11) 등록번호 10-1676031
(24) 등록일자 2016년11월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/26 (2012.01) G03F 1/22 (2012.01)
G03F 1/50 (2012.01) H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2009-0111506
(22) 출원일자 2009년11월18일
심사청구일자 2014년11월17일
(65) 공개번호 10-2010-0056404
(43) 공개일자 2010년05월27일
(30) 우선권주장
JP-P-2008-295142 2008년11월19일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
US06335124 B1*
KR1019960035142 A
KR1020030023460 A
KR1020070043828 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌
- (73) 특허권자
호야 가부시킴가이샤
일본 도쿄도 신주꾸꾸 니시신주꾸 6초메 10-1
- (72) 발명자
다나베 마사루
일본 도쿄도 신주꾸꾸 나카오찌아이 2조메 7-5 호
야 가부시킴가이샤 내
- (74) 대리인
양영준, 이중희

전체 청구항 수 : 총 16 항

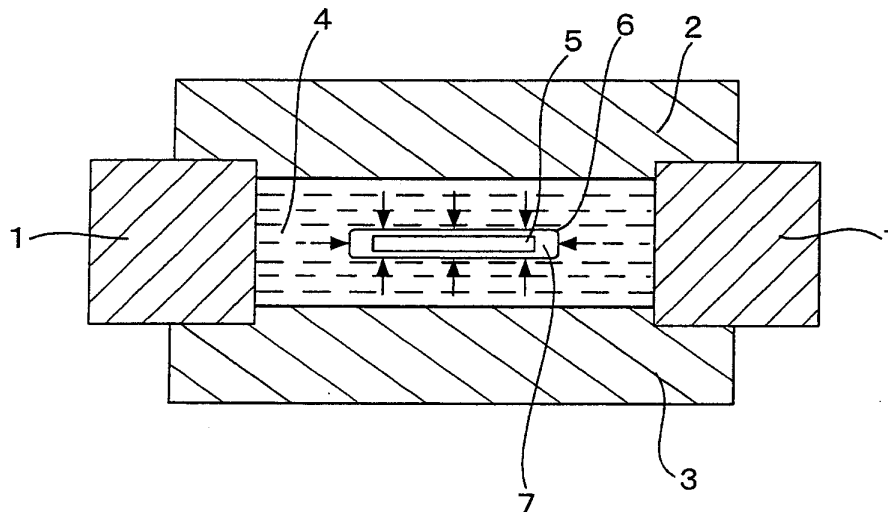
심사관 : 심병로

(54) 발명의 명칭 포토마스크 블랭크 및 그 제조 방법과 포토마스크의 제조 방법

(57) 요약

투광성 기판 상에, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 성막하여 박막을 갖는 기판을 제작하고, 다음으로 그 박막을 갖는 기판을 가압 처리하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다. 상기 가압 처리는, 예를 들면 냉간 등방압 가압법에 의해, 1000~10000 기압의 범위 내에서 행한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

투광성 기판과, 상기 투광성 기판 상에 형성된 박막으로서, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 포토마스크 블랭크로서,

상기 박막은 산소 및 질소 중 적어도 하나를 포함하는 전이 금속 화합물로 이루어지며,

ArF 엑시머 레이저 광을 총 조사량 $30\text{kJ}/\text{cm}^2$ 로 되도록 상기 포토마스크 상에 연속 조사하는 경우, 상기 박막은 상기 전사 패턴의 선포의 증가가 2nm 이하인 막 밀도를 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 포토마스크 블랭크는, 파장 200nm 이하의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 박막은, 실리콘을 함유하는 상기 전이 금속 화합물로 이루어지는 위상 시프트막인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 박막은, 실리콘을 함유하는 상기 전이 금속 화합물로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 5

제3항 또는 제4항에 있어서,

상기 전이 금속은, 몰리브덴, 탄탈, 텅스텐, 티탄, 크롬, 하프늄, 니켈, 바나듐, 지르코늄, 루테튬, 및 로듐 중 하나를 함유하는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 박막은, 크롬을 함유하는 차광막인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 7

투광성 기판과, 상기 투광성 기판 상에 형성된 박막으로서, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 포토마스크 블랭크의 제조 방법으로서,

상기 투광성 기판 상에 상기 박막을 성막하여 박막을 갖는 기판을 제작하고, 다음으로 그 박막을 갖는 기판을 가압 처리하며,

상기 가압 처리는, 냉간 등방압 가압법(冷間等方壓加壓法)에 의해, $1000\sim 10000$ 기압의 범위 내에서 행하는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 8

삭제

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 포토마스크 블랭크는, 파장 200nm 이하의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 박막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 위상 시프트막인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 박막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 전이 금속 실리사이드는, 몰리브덴 실리사이드인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 박막은, 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법.

청구항 14

포토마스크의 제조 방법으로서,

제1항의 포토마스크 블랭크에서의 상기 박막을, 에칭에 의해 패터닝하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크의 제조 방법.

청구항 15

투광성 기관 상에, 전사 패턴을 갖는 포토마스크의 제조 방법으로서,

상기 투광성 기관 상에 박막을 형성하여 포토마스크 블랭크를 제작하고,

상기 박막을, 에칭에 의해 패터닝하여 전사 패턴을 형성하고,

상기 전사 패턴을 가압 처리하며,

상기 가압 처리는, 냉간 등방압 가압법에 의해, 1000~10000 기압의 범위 내에서 행하는 것을 특징으로 하는 포토마스크의 제조 방법.

청구항 16

삭제

청구항 17

포토마스크로서,

제1항 내지 제4항, 및 제6항 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크 블랭크를 이용하여 제작된 포토마스크.

청구항 18

반도체 장치의 제조 방법으로서,

제17항에 기재된 포토마스크를 이용하여 반도체 기판 상에 패턴 전사를 행하는 것을 특징으로 하는 반도체 장치의 제조 방법.

발명의 설명

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 내광성을 향상시킨 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다. 특히, 파장 200 nm 이하의 단파장의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 바람직하게 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 반도체 장치의 제조 공정에서는, 포토리소그래피법을 이용하여 미세 패턴의 형성이 행해지고 있다. 또한, 이 미세 패턴의 형성에는 통상 몇 개의 포토마스크라고 불리는 기판이 사용된다. 이 포토마스크는, 일반적으로 투광성의 글래스 기판 상에, 금속 박막 등으로 이루어지는 미세 패턴을 형성한 것이며, 이 포토마스크의 제조에서도 포토리소그래피법이 이용되고 있다.

[0003] 포토리소그래피법에 의한 포토마스크의 제조에는, 글래스 기판 등의 투광성 기판 상에 전사 패턴(마스크 패턴)을 형성하기 위한 박막(예를 들면 차광막 등)을 갖는 포토마스크 블랭크가 이용된다. 이 포토마스크 블랭크를 이용한 포토마스크의 제조는, 포토마스크 블랭크 상에 형성된 레지스트막에 대해, 원하는 패턴 묘화를 실시하는 노광 공정과, 원하는 패턴 묘화에 따라서 상기 레지스트막을 현상하여 레지스트 패턴을 형성하는 현상 공정과, 레지스트 패턴에 따라서 상기 박막을 에칭하는 에칭 공정과, 잔존한 레지스트 패턴을 박리 제거하는 공정을 갖고 행해지고 있다. 상기 현상 공정에서는, 포토 마스크 블랭크 상에 형성된 레지스트막에 대해 원하는 패턴 묘화를 실시한 후에 현상액을 공급하여, 현상액에 가용한 레지스트막의 부위를 용해하여, 레지스트 패턴을 형성한다. 또한, 상기 에칭 공정에서는, 이 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 드라이 에칭 또는 웨트 에칭에 의해, 레지스트 패턴이 형성되어 있지 않은 박막이 노출된 부위를 용해하고, 이에 의해 원하는 마스크 패턴을 투광성 기판 상에 형성한다. 이렇게 하여, 포토마스크가 완성된다.

[0004] 반도체 장치의 패턴을 미세화할 때에는, 포토마스크에 형성되는 마스크 패턴의 미세화 외에 포토리소그래피에서 사용되는 노광 광원 파장의 단파장화가 필요하게 된다. 반도체 장치 제조 시의 노광 광원으로 하여는, 최근에는 KrF 엑시머 레이저(파장 248nm)로부터, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에로 단파장화가 진행되고 있다.

[0005] 또한, 포토마스크의 종류로서는, 종래의 투광성 기판 상에 크롬계 재료로 이루어지는 차광막 패턴을 갖는 바이너리 마스크 외에, 하프톤형 위상 시프트 마스크가 알려져 있다. 이 하프톤형 위상 시프트 마스크는, 투광성 기판 상에 위상 시프트막을 갖는 구조의 것이다. 이 위상 시프트막은, 실질적으로 노광에 기여하지 않는 강도의 광(예를 들면, 노광 파장에 대해 1%~20%)을 투과시켜, 소정의 위상차를 얻는 것이며, 예를 들면 몰리브덴 실리사이드 화합물을 함유하는 재료 등이 이용된다. 이 하프톤형 위상 시프트 마스크는, 위상 시프트막을 패터닝한 광 반투과부와, 위상 시프트막이 형성되어 있지 않은 실질적으로 노광에 기여하는 강도의 광을 투과시키는 광 투과부에 의해, 광 반투과부를 투과하여 광의 위상이 광 투과부를 투과한 광의 위상에 대해 실질적으로 반전한 관계로 되도록 하고 있다. 이에 의해, 광 반투과부와 광 투과부와와 경계부 근방을 통과하여 회절 현상에 의해 서로 상대의 영역에 돌아 들어간 광이 서로 상쇄하도록 하고, 경계부에서의 광 강도를 거의 제로로 하여 경계부의 콘트라스트 즉 해상도를 향상시킨다.

[0006] 또한, 최근에는, 몰리브덴 실리사이드 화합물을 함유하는 재료를 차광막으로서 이용한 바이너리 마스크 등도 출현하고 있다.

[0007] 포토마스크나 포토마스크 블랭크에서는, 포토마스크에 형성되는 마스크 패턴을 미세화할 때에는, 포토마스크 블랭크에서의 레지스트막의 박막화와, 포토마스크 제조 시의 패턴링 방법으로서, 드라이 에칭 가공이 필요하다.

[0008] 그러나, 레지스트막의 박막화와 드라이 에칭 가공은, 이하에 기재하는 기술적인 문제가 생긴다.

- [0009] 하나는, 포토마스크 블랭크의 레지스트막의 박막화를 진행시킬 때, 예를 들면 차광막의 가공 시간이 하나의 큰 제한 사항으로 되어 있는 것이다. 차광막의 재료로서는, 일반적으로 크롬이 이용되고, 크롬의 드라이 에칭 가공에서는, 에칭 가스에 염소 가스와 산소 가스의 혼합 가스가 이용되고 있다. 레지스트 패턴을 마스크로 하여 차광막을 드라이 에칭으로 패터닝할 때, 레지스트는 유기막이며 그 주성분은 탄소이므로, 드라이 에칭 환경인 산소 플라즈마에 대해서는 매우 약하다. 차광막을 드라이 에칭으로 패터닝하는 동안, 그 차광막 상에 형성되어 있는 레지스트 패턴은 충분한 막 두께로 남아 있지 않으면 안된다. 하나의 지표로서, 마스크 패턴의 단면 형상을 양호하게 하기 위해, 저스트 에칭 타입의 2배(100% 오버 에칭) 정도를 행하여도 잔존하는 레지스트막 두께로 하지 않으면 안된다. 예를 들면, 일반적으로는, 차광막의 재료인 크롬과 레지스트막과의 에칭 선택비는 1 이하로 되어 있으므로, 레지스트막의 막 두께는, 차광막의 막 두께의 2배 이상의 막 두께가 필요하게 되게 된다. 따라서, 레지스트막을 박막화하기 위해서는, 차광막의 가공 시간을 짧게 할 필요가 있지만, 그렇게 하기 위해서는 차광막의 박막화가 중요한 과제이다.
- [0010] 한편, 패턴의 미세화가 진행되고, 노광 파장(ArF 엑시머 레이저:193nm)보다도 짧은 패턴 선평으로 할 필요성이 생겨, 개구수 NA(Numerical Aperture)가 $NA>1$ 인 초고 NA 노광 방법, 예를 들면 액침 노광이 개발되어, 사용되기 시작하고 있다.
- [0011] 액침 노광은, 웨이퍼와 노광 장치의 최하 렌즈 사이를 액체로 채움으로써, 굴절률이 1인 공기의 경우에 비해, 액체의 굴절률배로 NA를 높일 수 있으므로, 해상도를 향상시킬 수 있는 노광 방법이다. 개구수 NA는, $NA=n \times \sin\theta$ 로 표시된다. θ 는 노광 장치의 최하 렌즈의 가장 외측에 들어가는 광선과 광축이 이루는 각도, n 은 웨이퍼와 노광 장치의 최하 렌즈 사이에서의 매질의 굴절률이다.
- [0012] 이 액침 노광에서는, 노광광의 포토마스크에의 입사 각도(기판의 법선과 입사광이 이루는 각)를 크게 할(경사 입사로 할) 필요가 있다. 그러나, 이 포토마스크에의 입사 각도(기판의 법선과 입사광이 이루는 각)를 크게 해가면, 차폐 효과(새도잉)라고 하는 문제가 발생하여, 해상도에 악영향을 미치는 것으로 된다. 구체적으로는 포토마스크의 패턴 측벽에 대해 노광광이 경사 입사되면, 패턴의 3차원적 구조(특히 높이)로부터 그림자가 생긴다. 이 그림자에 의해, 포토마스크 상의 사이즈가 정확하게 전사되지 않게 되고, 또한 광량이 작아진다(어두워진다).
- [0013] 이 때문에, 패턴 측벽의 높이를 낮게 할 필요가 있는, 즉 차광막의 박막화가 필요하게 된다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0014] 그런데, 최근 노광 광원 파장의 단파장화에 수반하여, 포토마스크의 반복 사용에 의한 마스크 열화가 현저하게 되어 왔다. 특히 위상 시프트 마스크의 경우, 노광 광원의 ArF 엑시머 레이저(파장 193nm) 조사에 의해, 투과율이나 위상차의 변화가 일어나고, 또한 선평이 변화한(굵어진)다고 하는 현상도 발생하고 있다. 위상 시프트 마스크의 경우, 이와 같은 투과율, 위상차의 변화는 마스크 성능에 영향을 미치는 중요한 문제이다. 특히, 위상차의 변화가 커지면, 패턴 경계부에서의 위상 시프트 효과가 얻어지기 어려워져, 패턴 경계부의 콘트라스트가 저하되어, 해상도가 크게 저하되게 된다. 또한, 선평 변화도 포토마스크의 CD(Critical Dimension) 정밀도, 최종적으로는 전사되는 웨이퍼의 CD 정밀도를 악화시키게 된다.
- [0015] 포토마스크의 반복 사용에 의한 마스크 열화의 문제는, 특히 위상 시프트 마스크에서 현저하지만, 크롬 차광막을 갖는 바이너리 마스크에서도, 크롬 차광막의 선평 변화(굵기)에 관한 CD 정밀도의 악화의 문제가 발생하고 있다.
- [0016] 본 발명자의 검토에 따르면, 이와 같은 문제의 배경은 다음과 같이 추찰된다. 종래는, 예를 들면 헤이즈가 발생하면 헤이즈를 제거하기 위한 세정을 행하고 있었지만, 세정에 의한 막 감소(용출)는 피할 수 없고, 말하자면 세정 횟수가 마스크 수명을 결정짓고 있었다. 그러나, 최근 헤이즈의 개선에 의해 세정 횟수가 저감되었기 때문에, 마스크의 반복 사용 기간이 연장되고, 그 만큼 노광 시간도 연장되었기 때문에, 특히 ArF 엑시머 레이저 등의 단파장광에 대한 내광성의 문제가 새롭게 현재화되어 왔다.
- [0017] 종래에서도, 위상 시프트막이나 차광막의 내광성을 향상시키기 위해, 예를 들면 막의 성막 조건을 조절하여 막질을 바꾸거나, 성막 후에 산소 분위기 속에서 어닐링을 실시하여 막 표면에 산화층(배리어층)을 형성시키거나 하는 것(특허 문헌 1 : 일본 특허 공개 제2002-156742호 공보)은 행해지고 있었지만, 최근 노광 광원의 단파장

화가 진행되는 동안에, 노광광에 대한 막의 내광성의 한층 더한 향상이 요구되고 있다.

- [0018] 한편, 상기한 바와 같이, 포토마스크 가공 시의 해상성 향상을 위해, 액침 노광의 문제점에 대응하기 위해, 차광막의 박막화가 요구되고 있다. 또한, 패턴의 미세화에 수반하여, 포토마스크의 제조 코스트가 상승되어 오고 있으므로, 포토마스크의 장기 수명화의 니즈가 높아지고 있어, 포토마스크의 내약성이나 내온수성에 대해서도 한층 더한 향상이 요구되고 있다.
- [0019] 본 발명은, 종래의 과제를 해결하기 위해 이루어진 것으로, 그 목적으로 하는 바는, 첫째로, 파장 200nm 이하의 노광광에 대한 위상 시프트막이나 차광막의 내광성을 향상시켜, 포토마스크 수명을 개선할 수 있는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0020] 본 발명의 목적으로 하는 바는, 둘째로, 위상 시프트막이나 차광막의 박막화를 가능하게 하는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법을 제공하는 것이다.
- [0021] 본 발명자는, 노광 광원 파장의 단파장화에 수반하여, 포토마스크의 반복 사용에 의한 열화가 현저하게 되어 온요인을 이하와 같이 추측하였다.
- [0022] 본 발명자는, 반복 사용에 의해 투과율이나 위상차 변화가 생긴 위상 시프트 마스크의 위상 시프트막 패턴을 조사한 결과, MoSi막의 표층층에 SiO₂를 함유하는 변질층이 생기고, 이것이 투과율이나 위상차의 변화, 선폭의 변화(굵기)의 주된 원인의 하나인 것을 발견하였다. 그리고, 이와 같은 변질층이 생기는 이유는 다음과 같이 생각된다. 즉, 종래의 스퍼터 성막된 MoSi막(위상 시프트막)은 구조적으로는 간극이 있고, 성막 후에 어닐링하였다고 하여도 MoSi막의 구조의 변화가 작기 때문에, 포토마스크의 사용 과정에서 이 간극에 예를 들면 산소나 물 등이 들어가 표층층에 변질층이 생성되고, 노광광(특히 ArF 등의 단파장광)의 조사에 의해 변질층의 두께가 점차로 커지는(MoSi막 내에서의 변질층이 차지하는 비율이 커지는) 것으로 생각된다. 이 산화 변질층이 발생하는 현상은, 산소를 오존으로 변화시키는 데에 필요한 에너지를 갖는 ArF 엑시머 레이저 등의 단파장의 노광광의 경우에 현저하게 확인된다.
- [0023] 본 발명자는, 이상의 해명 사실, 고찰에 기초하여, 더욱 예의 연구를 계속한 결과, 본 발명을 완성한 것이다.

과제 해결수단

- [0024] 즉, 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 이하의 구성을 갖는다.
- [0025] <구성 1>
- [0026] 투광성 기관과, 상기 투광성 기관 상에 형성된 박막으로서, 전자 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 포토마스크 블랭크로서, 상기 박막을 4000 기압으로 가압하였을 때, 가압 전후에서의 박막의 막 두께의 감소율이 2% 이하인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크이다.
- [0027] <구성 2>
- [0028] 상기 포토 마스크 블랭크는, 파장 200nm 이하의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크인 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재된 포토마스크 블랭크이다.
- [0029] <구성 3>
- [0030] 상기 박막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 위상 시프트막인 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재된 포토마스크 블랭크이다.
- [0031] <구성 4>
- [0032] 상기 박막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재된 포토마스크 블랭크이다.
- [0033] <구성 5>
- [0034] 상기 전이 금속 실리사이드는, 몰리브덴 실리사이드인 것을 특징으로 하는 구성 3 또는 4에 기재된 포토마스크 블랭크이다.
- [0035] <구성 6>
- [0036] 상기 박막은, 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 구성 1에 기재된 포토마스크 블

랭크이다.

- [0037] <구성 7>
- [0038] 투광성 기관과, 상기 투광성 기관 상에 형성된 박막으로서, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 포토마스크 블랭크의 제조 방법으로서, 상기 투광성 기관 상에 상기 박막을 성막하여 박막을 갖는 기관을 제작하고, 다음으로 그 박막을 갖는 기관을 가압 처리하는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0039] <구성 8>
- [0040] 냉간 등방압 가압법(冷間等方壓加壓法)에 의해, 1000~10000 기압의 범위 내에서 가압 처리하는 것을 특징으로 하는 구성 7에 기재된 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0041] <구성 9>
- [0042] 상기 포토마스크 블랭크는, 파장 200nm 이하의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크인 것을 특징으로 하는 구성 7 또는 8에 기재된 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0043] <구성 10>
- [0044] 상기 박막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 위상 시프트막인 것을 특징으로 하는 구성 7 내지 9 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0045] <구성 11>
- [0046] 상기 박막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 구성 7 내지 9 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0047] <구성 12>
- [0048] 상기 전이 금속 실리사이드는, 폴리브덴 실리사이드인 것을 특징으로 하는 구성 10 또는 11에 기재된 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0049] <구성 13>
- [0050] 상기 박막은, 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 것을 특징으로 하는 구성 7 내지 9 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크 블랭크의 제조 방법이다.
- [0051] <구성 14>
- [0052] 구성 1 내지 13 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크 블랭크에서의 상기 박막을, 에칭에 의해 패터닝하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크의 제조 방법이다.
- [0053] <구성 15>
- [0054] 투광성 기관 상에, 전사 패턴을 갖는 포토마스크의 제조 방법으로서, 상기 투광성 기관 상에 박막을 형성하여 포토마스크 블랭크를 제작하고, 상기 박막을, 에칭에 의해 패터닝하여 전사 패턴을 제작하고, 다음으로 전사 패턴을 가압 처리하는 것을 특징으로 하는 포토마스크의 제조 방법이다.
- [0055] <구성 16>
- [0056] 냉간 등방압 가압법에 의해, 1000~10000 기압의 범위 내에서 가압 처리하는 것을 특징으로 하는 구성 15에 기재된 포토마스크의 제조 방법이다.
- [0057] 본 발명의 포토마스크 블랭크의 제조 방법은, 구성 7에 있는 바와 같이, 투광성 기관과, 상기 투광성 기관 상에 형성된 박막으로서, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 포토마스크 블랭크의 제조 방법으로서, 상기 투광성 기관 상에 상기 박막을 성막하여 박막을 갖는 기관을 제작하고, 다음으로 그 박막을 갖는 기관을 가압 처리하는 것을 특징으로 하는 것이다.
- [0058] 본 발명에 따르면, 투광성 기관 상에 박막을 성막하여 제작한 박막을 갖는 기관을 가압 처리함으로써, 박막이 역지로 눌러져 막 구조가 밀하게 되므로(막 밀도가 높아지므로), 전술한 산소나 물 등에 의한 공격을 받기 어려워, 종래와 같은 변질층이 생성되는 것을 억제할 수 있다. 그 때문에, ArF 등의 단파장광을 노광 광원으로 하여 포토마스크의 반복 사용을 행하여도, 예를 들면 위상 시프트막의 투과율이나 위상차의 변화, 선폭 변화 등

을 억제할 수 있다. 또한, 내약성이나 내온수성도 향상된다.

- [0059] 또한, 상기 박막을 갖는 기판을 가압 처리함으로써, 박막의 막 구조가 밀하게 되므로(막 밀도가 높아지므로), 예를 들면 차광막의 경우, 종래부터 박막으로 하여도 소정의 광학 농도가 얻어지므로, 레지스트막의 박막화와 아울러, 미세 패턴의 형성에 바람직하다. 마스크 가공 후에서의 차광막의 패턴 측벽 높이를 낮게 할 수 있으므로, 액침 노광 기술에 이용하는 포토마스크에 바람직하다.
- [0060] 또한, 구성 1에 있는 바와 같이, 투광성 기관과, 상기 투광성 기관 상에 형성된 박막으로서, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 본 발명에 따른 포토마스크 블랭크는, 상기 박막을 4000 기압으로 가압하였을 때, 가압 전후에서의 박막의 막 두께의 감소율이 2% 이하이다. 투광성 기관 상에 박막을 성막한 박막을 갖는 기관에 대해 일단 가압 처리하여 얻어지는 포토마스크 블랭크의 경우, 그 박막을 4000 기압으로 다시 가압 처리하여도, 가압 전후에서의 박막의 막 두께의 감소율은 2% 이하로 매우 작아진다.
- [0061] 이 경우의 가압 처리는, 구성 8에 있는 바와 같이, 냉간 등방압 가압법에 의해, 1000~10000 기압의 범위 내에서 처리하는 것이 바람직하다. 냉간 등방압 가압법에 따르면, 물 등의 액체를 압력 매체로 하고, 높은 등방압으로 박막을 갖는 기관의 전체면을 가압하므로, 고밀도로 균일성이 있는 막 구조가 형성되어, 본 발명에 바람직하다. 가압 처리에 의해, 박막의 막 두께의 감소율을 2% 이상으로 하는 것이 바람직하다.
- [0062] 따라서, 본 발명은, 구성 2 또는 9와 같은, 파장 200nm 이하의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크의 제조에 바람직하다.
- [0063] 예를 들면, 구성 3 또는 10에 있는 바와 같이, 상기 박막이 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 위상 시프트막인 위상 시프트 마스크 블랭크나, 구성 4 또는 11에 있는 바와 같은, 상기 박막이 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 바이너리 마스크 블랭크의 제조에 바람직하다. 특히, 전이 금속 실리사이드 중에서도, 몰리브덴 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막을 이용한 위상 시프트 마스크 블랭크나 바이너리 마스크 블랭크의 제조에 바람직하다<구성 5 또는 12>.
- [0064] 또한, 구성 6 또는 13의, 상기 박막이 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 바이너리 마스크 블랭크의 제조에도 바람직하다.
- [0065] 또한, 구성 14에 있는 바와 같이, 본 발명에 의해 얻어지는 포토마스크 블랭크에서의 상기 박막을, 에칭에 의해 패턴닝하는 공정을 갖는 포토마스크의 제조 방법에 의해, ArF 엑시머 레이저 등의 단파장의 노광 광원에 대한 내광성을 향상시켜, 마스크 수명을 현저하게 개선한 포토마스크가 얻어진다.
- [0066] 또한, 구성 15에 있는 바와 같이, 투광성 기관 상에, 전사 패턴을 갖는 포토마스크의 제조 방법으로서, 상기 투광성 기관 상에 박막을 형성하여 포토마스크 블랭크를 제작하고, 상기 박막을, 에칭에 의해 패턴닝하여 전사 패턴을 제작하고, 다음으로 전사 패턴을 가압 처리하는 포토마스크의 제조 방법에 의해서도, 전술한 박막을 갖는 기관에서의 박막을 가압 처리하는 것과 마찬가지로의 작용 효과가 얻어진다.
- [0067] 이 경우의 가압 처리에서도, 구성 16에 있는 바와 같이, 냉간 등방압 가압법에 의해, 1000~10000 기압의 범위 내에서 처리하는 것이 바람직하다.

효 과

- [0068] 본 발명에 따르면, 박막을 갖는 기관, 또는 이 박막을 갖는 기관을 이용하여 기관 상에 제작한 박막의 전사 패턴을 가압 처리함으로써, 첫째로 박막의 막 구조를 보다 밀하게 할(막 밀도를 높일) 수 있어, 파장 200nm 이하의 노광광에 대한 위상 시프트막이나 차광막의 내광성을 향상시켜, 마스크 수명을 개선할 수 있는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법을 제공할 수 있다.
- [0069] 본 발명에 따르면, 둘째로 위상 시프트막이나 차광막의 박막화를 가능하게 하는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법을 제공할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0070] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 실시 형태를 상세하게 설명한다.
- [0071] 본 발명은, 투광성 기관과, 상기 투광성 기관 상에 형성된 박막으로서, 전사 패턴을 형성하기 위한 박막을 갖는 포토마스크 블랭크의 제조 방법으로서, 상기 투광성 기관 상에 상기 박막을 성막하여 박막을 갖는 기관을 제작하고, 다음으로 그 박막을 갖는 기관을 가압 처리하는 것을 특징으로 한다. 그리고, 본 실시 형태에서는, 이

가압 처리는 냉간 등방압 가압법(COLD ISOSTATIC PRESSING: CIP법이라고 불리고 있음)에 의해, 박막을 갖는 기판을 1000~10000 기압의 범위 내에서 처리한다.

[0072] 도 1은, 냉간 등방압 가압법에 의해 가압 처리를 행하는 장치의 개략 구성도이다.

[0073] 참조 부호 1은 고압 원통이며, 그 상하 개구에 각각 상부 덮개(2), 하부 덮개(3)가 배설되어 있고, 고압 원통(1)의 내부에는 압력 매체(4)가 봉입되어 있다. 이 압력 매체(4)로서는, 물이나 알코올 등의 액체가 이용되지만, 고압 원통(1) 내측의 압력 매체와의 접촉부가 철 등의 녹이 발생하기 쉬운(부식되기 쉬운) 재질인 경우에는, 방청제가 첨가되어 있는 것이면 보다 바람직하다. 참조 부호 5는 압력 매체(4) 내에 설치된 가압 처리하는 샘플이며, 본 발명에서는 상기 박막을 갖는 기판이다. 박막을 갖는 기판(5)은, 압력 매체(4)에 직접 접촉하지 않도록, 물 등의 접촉 압매(7)를 채운 적당한 탄성 압축이 가능한 수지체의 수납 주머니(6) 속에 봉입된다. 그리고, 상부 덮개(2)의 이동에 의해 소정의 압력이 압력 매체(4)에 가해지고, 그 압력이 수납 주머니(6)를 통하여 접촉 압매(7)에 전해지고, 이에 의해 상기 박막을 갖는 기판(5)은 접촉 압매(7)로 가압된다. 또한, 접촉 압매(7)로서는, 상기 박막에 화학적 변화를 발생시키지 않는 것이 바람직하고, 불순물을 실질적으로 함유하지 않은 초순수를 들 수 있지만, UF(Ultra filtration)막이나 MF(Micro filtration)막 등의 여과수 정도이어도 된다. 가압 처리에 의한 막의 치밀함(막 밀도)을 올리거나 하는 경우에는, 박막에 화학적 변화를 발생시키지 않는 고분자 화합물(고분자 유기물, 설탕, 이소프로필 알코올 등)이 액 속에 존재하는 물, 혹은 분자량이 크고 물보다도 비점이 높은 알코올, 오일, 에틸렌글리콜, 글리세린 등이 보다 바람직하다.

[0074] 이와 같은 냉간 등방압 가압법에 따르면, 물 등의 액체를 압력 매체로 하고, 높은 등방압으로 박막을 갖는 기판(5)의 전체면을 가압하므로, 고밀도로 균일성이 있는 막 구조가 형성된다.

[0075] 이 경우의 가압은, 본 발명에 따른 효과가 바람직하게 얻어지기 위해서는, 예를 들면 1000~10000 기압의 범위 내에서 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 가압 처리 시간은, 그때의 가압력에 의해서도 상이하지만, 대략 소정 압력에까지 도달할 때까지의 승압에 15분 정도, 소정 압력으로 유지한 상태에서 30분 정도, 소정 압력으로부터 초기 압력까지 강압하는 데에 5분 정도가 바람직하다. 또한 이 경우에, 한번에 소정 시간을 가압 처리(예를 들면 4000 기압, 60분)하여도 되고, 비교적 단시간의 가압 처리를 행한 후, 일단 가압을 해제하고 나서 다시 가압 처리하는 것을 복수회 반복(예를 들면 4000 기압, 10분 유지를 5~6회 반복)하도록 행하여도 된다. 또한, 이들 박막에 대한 가압 처리의 전후 중 어느 한쪽, 혹은 전후 양쪽에서, 박막에 대해 종래부터 행해지고 있는 가열 처리를 병용하면 보다 바람직하다.

[0076] 또한, 상기 고압 원통(1)의 외부에 히터를 설치하고, 필요에 따라서 가압 처리와 동시에, 상온~80℃ 정도의 저온으로 가온하여도 된다.

[0077] 이상의 본 실시 형태에 따르면, 투광성 기판 상에 박막을 성막하여 제작한 박막을 갖는 기판을 가압 처리함으로써, 박막이 억지로 눌러져 막 구조가 고밀도로 되므로(막 밀도가 높아지므로), 전술한 산소나 물 등에 의한 공격을 받기 어려워짐과 함께 박막의 구성 분자의 확산이 억제되어, 종래와 같은 변질층이 생성되는 것을 억제할 수 있다. 그 결과, ArF 등의 단파장광을 노광 광원으로 하여 마스크의 반복 사용을 행하여도, 예를 들면 위상 시프트막의 투과율이나 위상차의 변화, 선폭 변화 등을 억제할 수 있어, 내약성이나 내온수성도 향상되므로, 마스크 수명을 현저하게 개선할 수 있다.

[0078] 또한, 상기 박막을 갖는 기판을 가압 처리함으로써, 박막의 막 구조가 밀하게 되므로, 예를 들면 차광막의 경우, 종래보다 박막으로 하여도 소정의 광학 농도가 얻어지므로, 레지스트막의 박막화와 아울러, 미세 패턴의 형성에 바람직하다. 포토마스크 가공 후에서의 차광막의 패턴 측벽 높이를 낮게 할 수 있으므로, 액침 노광 기술에 이용하는 포토마스크에 바람직하다.

[0079] 따라서, 본 발명은, 특히 파장 200nm 이하의 단파장의 노광광을 노광 광원으로 하는 노광 장치에 이용되는 포토마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크의 제조에 바람직하다. 본 발명은, 예를 들면, 이하와 같은 마스크 블랭크의 제조에 바람직하다.

[0080] (1) 상기 박막이 전이 금속 실리사이드(특히 폴리브덴 실리사이드)의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 위상 시프트막인 위상 시프트 마스크 블랭크

[0081] 본 발명에 의해 제조되는 상기 위상 시프트 마스크 블랭크는, 이것을 이용하여 위상 시프트 마스크로 하였을 때에, 예를 들면 ArF 엑시머 레이저 등의 단파장광을 노광 광원으로 하여 포토마스크의 반복 사용을 행하여도, 위상 시프트막의 투과율이나 위상차의 변화, 선폭 변화 등을 억제할 수 있어, 내약성이나 내온수성도 향상되므로,

성능이 열화되지 않고, 포토마스크의 수명을 현저하게 개선할 수 있다.

- [0082] 이러한 위상 시프트 마스크 블랭크로서는, 예를 들면, 도 4에 도시한 바와 같이, 투광성 기관(10) 상에, 하프톤 형 위상 시프트막(11)과 그 위의 차광막(12)을 갖는 형태의 것을 들 수 있다.
- [0083] 상기 위상 시프트막은, 실질적으로 노광에 기여하지 않는 강도의 광(예를 들면, 노광 파장에 대해 1%~20%)을 투과시키는 것이며, 소정의 위상차(예를 들면 180도)를 갖는 것이다. 상기 위상 시프트막은 또한, 이 위상 시프트막을 패터닝한 광 반투과부와, 위상 시프트막이 형성되어 있지 않은 실질적으로 노광에 기여하는 강도의 광을 투과시키는 광 투과부에 의해, 광 반투과부를 투과하여 광의 위상이 광 투과부를 투과한 광의 위상에 대해 실질적으로 반전한 관계로 되도록 함으로써, 광 반투과부와 광 투과부의 경계부 근방을 통과하여 회절 현상에 의해 서로 상대의 영역에 돌아 들어간 광이 서로 상쇄되도록 하여, 경계부에서의 광 강도를 거의 제로로 하여 경계부의 콘트라스트, 즉 해상도를 향상시키는 것이다.
- [0084] 이 위상 시프트막은, 전이 금속 실리사이드의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지고, 이들 전이 금속 실리사이드와, 산소 및/또는 질소를 주된 구성 요소로 하는 재료를 들 수 있다. 전이 금속에는, 폴리브텐, 탄탈, 텅스텐, 티탄, 크롬, 하프늄, 니켈, 바나듐, 지르코늄, 루테튬, 로듐 등이 적용 가능하다. 또한, 위상 시프트막은, 단층이어도 복수층이어도 상관없다.
- [0085] (2) 상기 박막이 전이 금속 실리사이드(특히 폴리브텐 실리사이드)의 화합물을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 바이너리 마스크 블랭크
- [0086] 본 발명에 의해 제조되는 상기 차광막이 전이 금속 실리사이드계의 바이너리 마스크 블랭크는, 이것을 이용하여 바이너리 마스크로 하였을 때에, 예를 들면 ArF 엑시머 레이저 등의 단파장광을 노광 광원으로 하여 포토마스크의 반복 사용을 행하여도, 차광막의 차광성의 저하, 선폭 변화 등을 억제할 수 있어, 내약성이나 내온수성도 향상되므로, 성능이 열화되지 않고, 포토마스크의 수명을 현저하게 개선할 수 있다.
- [0087] 이러한 바이너리 마스크 블랭크는, 투광성 기관 상에 차광막을 갖는 형태의 것이며, 이 차광막은, 전이 금속 실리사이드 화합물을 함유하는 재료로 이루어지고, 이들 전이 금속 실리사이드와, 산소 및/또는 질소를 주된 구성 요소로 하는 재료를 예로 들 수 있다. 전이 금속에는, 폴리브텐, 탄탈, 텅스텐, 티탄, 크롬, 하프늄, 니켈, 바나듐, 지르코늄, 루테튬, 로듐 등이 적용 가능하다.
- [0088] 특히, 차광막을 폴리브텐 실리사이드의 화합물로 형성하는 경우이며, 차광층(MoSi, MoSiN 등)과 표면 반사 방지층(MoSiON 등)의 2층 구조나, 또한 차광층과 기관 사이에 이면 반사 방지층(MoSiON 등)을 가한 3층 구조로 한 경우, 차광층의 폴리브텐 실리사이드 화합물에서의 Mo와 Si의 함유비는, 차광성의 관점에서는, Mo가 9% 이상 40% 이하(바람직하게는, 15% 이상 40% 이하, 더욱 바람직하게는 20% 이상 40% 이하)로 하는 것이 바람직하다.
- [0089] (3) 상기 박막이 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 차광막인 바이너리 마스크 블랭크
- [0090] 본 발명에 의해 제조되는 상기 차광막이 크롬계의 바이너리 마스크 블랭크는, 이것을 이용하여 바이너리 마스크로 하였을 때에, 예를 들면 ArF 엑시머 레이저 등의 단파장광을 노광 광원으로 하여 포토마스크의 반복 사용을 행하여도, 차광막의 차광성의 저하, 선폭 변화 등을 억제할 수 있어, 내약성이나 내온수성도 향상되므로, 성능이 열화되지 않고, 포토마스크의 수명을 현저하게 개선할 수 있다.
- [0091] 이러한 바이너리 마스크 블랭크는, 투광성 기관 상에 차광막을 갖는 형태의 것이며, 이 차광막은, 크롬을 함유하는 재료로 이루어지고, 크롬 단체 외에, 크롬에 산소, 질소, 또는 탄소 등을 함유하는 재료를 들 수 있다. 또한, 이 차광막은, 단층으로도 복수층(예를 들면 차광층과 반사 방지층과의 적층 구조)으로 하여도 된다. 차광막을 차광층과 반사 방지층과의 적층으로 하는 경우, 반사 방지층은 크롬계로 하여도, 혹은 전이 금속 실리사이드계(예를 들면 SiO_2 , SiON , MSiO , MSiON (M은 폴리브텐 등의 전이 금속))로 하여도 된다.
- [0092] 또한, 투광성 기관과 위상 시프트막 사이, 투광성 기관과 차광막 사이, 위상 시프트막과 차광막 사이에, 그 위상 시프트막이나 차광막에 대해 에칭 내성을 갖는 에칭 스톱퍼막을 형성하여도 된다. 또한, 차광막 상에, 차광막에 대해 에칭 내성을 갖는 에칭 마스크막을 형성하여도 된다.
- [0093] 또한, 본 발명은, 전술한 본 발명에 의해 얻어지는 포토마스크 블랭크에서의 상기 박막을, 에칭에 의해 패터닝하는 공정을 갖는 포토마스크의 제조 방법에 대해서도 제공한다. 이 경우의 에칭은, 미세 패터닝의 형성에 유효한 드라이 에칭이 바람직하게 이용된다.

- [0094] 이러한 포토마스크의 제조 방법에 따르면, ArF 엑시머 레이저 등의 단파장의 노광 광원에 대한 내광성, 내약성, 내온수성을 향상시켜, 포토마스크를 반복 사용하여도 노광 광 조사에 의한 특성의 열화를 억제할 수 있어, 포토마스크의 수명을 현저하게 개선한 포토마스크가 얻어진다.
- [0095] 또한, 본 발명은, 투광성 기판 상에, 전사 패턴을 갖는 포토마스크의 제조 방법으로서, 상기 투광성 기판 상에 박막을 형성하여 포토마스크 블랭크를 제작하고, 상기 박막을, 에칭에 의해 패터닝하여 전사 패턴을 제작하고, 다음으로 전사 패턴을 가압 처리하는 포토마스크의 제조 방법에 대해서도 제공한다. 이 경우의 에칭은, 미세 패턴의 형성에 유효한 드라이 에칭이 바람직하게 이용된다.
- [0096] 이러한 포토마스크의 제조 방법에 의해서도, 전술한 박막을 갖는 기판을 제작한 단계에서 그 박막을 갖는 기판을 가압 처리하는 것과 마찬가지로 작용 효과가 얻어지고, ArF 엑시머 레이저 등의 단파장의 노광 광원에 대한 내광성, 내약성, 내온수성을 향상시켜, 포토마스크를 반복 사용하여도 노광 광 조사에 의한 특성의 열화를 억제할 수 있어, 포토마스크의 수명을 현저하게 개선한 포토마스크가 얻어진다. 또한, 이 경우의 가압 처리에서도, 냉간 등방압 가압법에 의해, 전사 패턴을 1000~10000 기압의 범위 내에서 처리하는 것이 바람직하다.
- [0097] <실시예>
- [0098] 이하, 실시예에 의해, 본 발명의 실시 형태를 더욱 구체적으로 설명한다. 아울러, 실시예에 대한 비교예에 대해서도 설명한다.
- [0099] <실시예 1>
- [0100] 석영 글래스로 이루어지는 투광성 기판 상에, 매엽식 스퍼터 장치를 이용하여, 스퍼터 타겟에 몰리브덴(Mo)과 실리콘(Si)과의 혼합 타겟(원자%비 Mo:Si=10:90)을 이용하고, 아르곤(Ar)과 질소(N₂)와의 혼합 가스 분위기(가스압 0.2Pa, 가스 유량비 Ar:N₂=10:90)에서, DC 전원의 전력을 3.0kW로 하고, 반응성 스퍼터링(DC 스퍼터링)에 의해, 막 두께 69nm의 몰리브덴, 실리콘 및 질소를 주된 구성 요소로 하는 단층으로 구성된 ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)용 위상 시프트막을 형성하였다. 또한, 이 위상 시프트막은, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 5.24%, 위상차가 173.85도로 되어 있었다.
- [0101] 다음으로, 인라인형 스퍼터 장치를 이용하여, 스퍼터 타겟에 크롬 타겟을 사용하고, 아르곤과 질소와 헬륨의 혼합 가스 분위기(가스압 0.2Pa, 가스 유량비 Ar:N₂:He=30:30:40) 속에서 반응성 스퍼터링을 행함으로써, 막 두께 24nm의 차광층을 형성하였다. 다음으로, 아르곤과 메탄과 헬륨의 혼합 가스 분위기(가스압 0.3Pa, 가스 유량비 Ar:CH₄:He=63:2:40) 속에서 반응성 스퍼터링을 행하고, 연속해서, 아르곤과 메탄과 일산화 질소와 헬륨의 혼합 가스 분위기(가스압 0.3Pa, 가스 유량비 Ar:CH₄:NO:He=63:2:3:40) 속에서 반응성 스퍼터링을 행함으로써, 막 두께 24nm의 반사 방지층을 형성하였다. 이상의 공정에 의해, 차광층과 반사 방지층으로 이루어지는 총 막 두께가 48nm인 차광막이 형성되었다. 또한, 이 차광막은, 위상 시프트막과의 적층 구조에서 광학 농도(O.D.)가 3.1이었다.
- [0102] 다음으로, 이상과 같이 하여 얻어진 위상 시프트 마스크 블랭크(박막을 갖는 마스크 블랭크)를, 전술한 도 1에 도시한 장치를 이용하여 가압 처리를 행하였다. 또한, 압력 매체는 방청제를 첨가한 물을, 접촉 압매에는 에틸렌글리콜을 이용하였다. 본 실시예에서는, 이 가압 처리는 단시간의 가압 처리를 행한 후, 일단 가압을 해제하고 나서 다시 가압 처리하는 것을 복수회 반복함으로써 행하고, 구체적으로는 40℃, 9000 기압으로, 10분간 유지를 6회 반복함으로써 행하였다. 가압 처리 후, 박막의 총 막 두께(위상 시프트막의 막 두께+차광막의 막 두께)를 측정한 바, 113nm이었다. 가압 처리 전의 박막의 총 막 두께가 117nm이었던 것에 대해, 가압 처리에 의해, 4nm의 박막화(막 두께의 감소율 3.4%)를 실현할 수 있었다. 여기서, 막 두께의 감소율은, {(가압 처리 전의 막 두께-가압 처리 후의 막 두께)/가압 처리 전의 막 두께}×100(%)의 값이다. 또한, 동일한 조건에서, 투광성 기판 상에 위상 시프트막 및 차광막을 성막하고, 가압 처리를 행한 별도의 위상 시프트 마스크 블랭크에 대해, 40℃, 4000 기압으로, 10분간 유지를 6회 반복하는 가압 처리를 다시 행한 바, 막 두께의 변동은, 1nm 미만이었다. 즉, 일단 상기 가압 처리를 행하면, 박막에 대해 예를 들면 4000 기압으로 다시 가압 처리를 행하여도, 가압 전후에서의 박막의 막 두께의 변동은 매우 작다.
- [0103] 또한, 기판 상에 동일한 성막 조건에서 위상 시프트막만 형성한 위상 시프트 마스크 블랭크를 별도로 제조하고, 이에 대해 동일한 가압 조건에서 가압 처리를 행한 바, 가압 처리 전의 위상 시프트막의 막 밀도가 3.23g/cm³이었던 것에 대해, 가압 처리 후의 막 밀도가 3.28g/cm³로 1.5% 상승되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

- [0104] 다음으로, 상기한 바와 같이 하여 가압 처리를 행한 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하여 위상 시프트 마스크를 제작하였다. 우선, 마스크 블랭크 상에, 전자선 묘화용 화학 증폭형 포지티브 레지스트막(후지 필름 일렉트로닉스 머테리얼사제 FEP171)을 형성하였다. 레지스트막의 형성은, 스피너(회전 도포 장치)를 이용하여, 회전 도포하였다. 또한, 상기 레지스트막을 도포 후, 가열 건조 장치를 이용하여 소정의 가열 건조 처리를 행하였다.
- [0105] 다음으로 상기 마스크 블랭크 상에 형성된 레지스트막에 대해, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴 묘화를 행한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴을 형성하였다.
- [0106] 다음으로, 상기 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 차광층과 반사 방지층으로 이루어지는 차광막의 드라이 에칭을 행하여 차광막 패턴을 형성하였다. 드라이 에칭 가스로서, Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스(가스 유량비 $Cl_2:O_2=4:1$)를 이용하였다.
- [0107] 다음으로, 전술한 차광막 패턴을 마스크로 하여, 위상 시프트막의 에칭을 행하여 위상 시프트막 패턴을 형성하였다. 드라이 에칭 가스로서, SF_6 과 He의 혼합 가스를 이용하였다.
- [0108] 다음으로, 잔존하는 레지스트 패턴을 박리 후, 다시 상기와 동일한 레지스트막을 도포하고, 전사 영역 내의 불필요한 차광막 패턴을 제거하기 위한 패턴 노광을 행한 후, 그 레지스트막을 현상하여 레지스트 패턴을 형성하였다. 다음으로, 드라이 에칭을 이용하여 불필요한 차광막 패턴을 제거하고, 잔존하는 레지스트 패턴을 박리하여, 위상 시프트 마스크를 얻었다. 또한, 위상 시프트막의 투과율, 위상차는 성막 시와 거의 변화는 없었다.
- [0109] 얻어진 위상 시프트 마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 $30kJ/cm^2$ 로 되도록 연속 조사하였다. 또한, 조사량 $30kJ/cm^2$ (에너지 밀도 약 $25mJ/cm^2$)라고 하는 것은, 포토마스크를 대략 100,000회 사용한 것에 상당하고, 통상의 포토마스크의 사용 빈도로 대략 3개월 사용한 것에 상당한다.
- [0110] 상기 조사 후의 위상 시프트막의 투과율 및 위상차를 측정한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 5.85%, 위상차는 172.83도로 되어 있었다. 따라서, 조사 전후의 투과율 및 위상차의 변화량은, 투과율이 0.61%(증가), 위상차가 -1.02도이며, 변화량은 작게 억제되어 있고, 이 정도의 변화량은 포토마스크의 성능에 영향은 없다. 또한, 위상 시프트막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 특별히 변질층은 확인되지 않고, 선평의 굵기(CD 변화량:1nm 미만)는 거의 확인되지 않았다.
- [0111] <비교예>
- [0112] 석영 글래스 기판으로 이루어지는 투광성 기판 상에, 실시예 1과 마찬가지로 위상 시프트막을 성막 후, 280℃, 60분의 가열 처리를 실시하고, 실시예 1과 마찬가지로 차광층과 반사 방지층의 적층으로 이루어지는 차광막을 성막하여 위상 시프트 마스크 블랭크(박막을 갖는 마스크 블랭크)를 얻었다. 단, 실시예 1의 가압 처리는 행하지 않았다.
- [0113] 상기한 바와 같이 하여 가열 처리를 행한 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 위상 시프트 마스크를 제작하였다. 또한, 이 위상 시프트막은, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 6.16%, 위상차가 177.2도로 되어 있었다.
- [0114] 얻어진 위상 시프트 마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 $30kJ/cm^2$ (에너지 밀도 약 $25mJ/cm^2$)로 되도록 연속 조사하고, 조사 후의 위상 시프트막의 투과율 및 위상차를 측정한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 9.12%, 위상차는 170.2도로 되어 있었다. 따라서, 조사 전후의 변화량은, 투과율이 2.96%(증가), 위상차가 -7.0도이며, 변화량은 매우 크고, 이 정도의 변화량이 발생하면 이미 포토마스크로 하여 사용될 수는 없다. 또한, 위상 시프트막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 변질층이 확인되고, 그에 따른 선평의 굵기(CD 변화량:6nm)가 확인되었다.
- [0115] <실시예 2>
- [0116] 실시예 1과 마찬가지로 조건에서, 투광성 기판 상에, 위상 시프트막과 차광막을 갖는 위상 시프트 마스크 블랭크(박막을 갖는 마스크 블랭크)를 제조하고, 전술한 도 1에 도시한 장치를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 가압 처리를 행하였다. 또한, 가압 처리 조건은, 유지 압력을 4000 기압으로 한 것을 제외하고 실시예 1과 완전히 동일하다. 가압 처리 후, 박막의 총 막 두께(위상 시프트막의 막 두께+차광막의 막 두께)를 측정한 바, 114.5nm이었다. 가압 처리 전의 박막의 총 막 두께가 117nm이었던 것에 대해, 가압 처리에 의해, 2.5nm의 박막화(막 두께의 감소율 2.1%)를 실현할 수 있었다.

- [0117] 또한, 기판 상에 동일한 성막 조건에서 위상 시프트막만 형성한 위상 시프트 마스크 블랭크를 별도로 제조하고, 이에 대해 동일한 가압 조건에서 가압 처리를 행한 바, 가압 처리 전의 위상 시프트막의 막 밀도가 $3.23\text{g}/\text{cm}^3$ 이었던 것에 대해, 가압 처리 후의 막 밀도가 $3.26\text{g}/\text{cm}^3$ 로 0.9% 상승되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0118] 또한, 동일한 조건에서, 투광성 기판 상에 위상 시프트막 및 차광막을 성막하고, 가압 처리를 행한 별도의 위상 시프트 마스크 블랭크에 대해, 40°C , 4000 기압으로, 10분간 유지를 6회 반복하는 가압 처리를 다시 행하여 본 바, 막 두께의 변동은, 1nm 미만이었다.
- [0119] 다음으로, 상기한 바와 같이 하여 가압 처리를 행한 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하여, 실시예 1과 마찬가지로의 수순으로, 위상 시프트 마스크를 제작하였다. 얻어진 위상 시프트 마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 $30\text{kJ}/\text{cm}^2$ 로 되도록 연속 조사하고, 조사 후의 위상 시프트막의 투과율 및 위상차를 측정 한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 6.51%, 위상차는 172.06도로 되어 있었다. 따라서, 조사 전후의 변화량은, 투과율이 1.27%(증가), 위상차가 -1.79° 이며, 변화량은 작게 억제되어 있고, 이 정도의 변화량은 포토마스크의 성능에 영향은 없다. 또한, 위상 시프트막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 특별히 변질층은 확인되지 않고, 선평의 굵기(CD 변화량:1nm 미만)는 거의 확인되지 않았다.
- [0120] <실시예 3>
- [0121] 실시예 1과 마찬가지로의 조건에서, 투광성 기판 상에, 위상 시프트막과 차광막을 갖는 위상 시프트 마스크 블랭크(박막을 갖는 마스크 블랭크)를 제조하고, 전술한 도 1에 도시한 장치를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 가압 처리를 행하였다. 또한, 가압 처리 조건은, 접촉 압매에 에틸렌글리콜이 아닌 이소프로필 알코올을 이용한 것을 제외하고 실시예 1과 완전히 동일하다. 가압 처리 후, 박막의 총 막 두께(위상 시프트막의 막 두께+차광막의 막 두께)를 측정한 바, 113nm이었다. 가압 처리 전의 박막의 총 막 두께가 117nm이었던 것에 대해, 가압 처리에 의해, 4nm의 박막화(막 두께의 감소율 3.4%)를 실현할 수 있었다. 또한, 기판 상에 동일한 성막 조건에서 위상 시프트막만 형성한 위상 시프트 마스크 블랭크를 별도로 제조하고, 이에 대해 동일한 가압 조건에서 가압 처리를 행한 바, 가압 처리 전의 위상 시프트막의 막 밀도가 $3.23\text{g}/\text{cm}^3$ 이었던 것에 대해, 가압 처리 후의 막 밀도가 $3.32\text{g}/\text{cm}^3$ 로 2.8% 상승되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0122] 또한, 동일한 조건에서, 투광성 기판 상에 위상 시프트막 및 차광막을 성막하고, 가압 처리를 행한 별도의 위상 시프트 마스크 블랭크에 대해, 40°C , 4000 기압으로, 10분간 유지를 6회 반복하는 가압 처리를 다시 행해 본 바, 막 두께의 변동은, 1nm 미만이었다.
- [0123] 다음으로, 상기한 바와 같이 하여 가압 처리를 행한 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하여, 실시예 1과 마찬가지로의 수순으로, 위상 시프트 마스크를 제작하였다.
- [0124] 얻어진 위상 시프트 마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 $30\text{kJ}/\text{cm}^2$ 로 되도록 연속 조사하고, 조사 후의 위상 시프트막의 투과율 및 위상차를 측정한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 6.11%, 위상차는 172.64도로 되어 있었다. 따라서, 조사 전후의 변화량은, 투과율이 0.87%(증가), 위상차가 -1.21° 이며, 변화량은 작게 억제되어 있고, 이 정도의 변화량은 포토마스크의 성능에 영향은 없다. 또한, 위상 시프트막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 특별히 변질층은 확인되지 않고, 선평의 굵기(CD 변화량:1nm 미만)는 거의 확인되지 않았다.
- [0125] <실시예 4>
- [0126] 석영 글래스로 이루어지는 투광성 기판 상에, 매엽식 스퍼터 장치를 이용하여, 스퍼터 타겟에 몰리브덴(Mo)과 실리콘(Si)과의 혼합 타겟(원자%비 Mo:Si=21:79)을 이용하고, 아르곤(Ar)과 산소와 질소와 헬륨과의 혼합 가스 분위기(가스압 0.2Pa, 가스 유량비 Ar:O₂:N/He=5:4:49:42)에서, DC 전원의 전력을 3.0kW로 하고, 반응성 스퍼터링(DC 스퍼터링)에 의해, MoSiON막(이면 반사 방지층)을 막 두께 7nm로 성막하였다. 계속해서, 동일한 혼합 비율의 Mo/Si 타겟을 이용하고, 아르곤 가스와 헬륨과의 혼합 가스 분위기(가스압 0.3Pa, 가스 유량비 Ar:He=20:120)에서, DC 전원의 전력을 2.0kW로 하고, MoSi막(차광층)을 막 두께 30nm로 성막하였다. 계속해서, Mo/Si 타겟(원자%비 Mo:Si=4:96)을 이용하고, 아르곤(Ar)과 산소와 질소와 헬륨과의 혼합 가스 분위기(가스압 0.1Pa, 가스 유량비 Ar:O₂:N₂:He=6:5:11:16)에서, DC 전원의 전력을 3.0kW로 하고, MoSiON막(표면 반사 방지층)을 막 두께 15nm로 성막하였다. 이에 의해, MoSiON막과 MoSi막과 MoSiON막과의 적층으로 이루어지는 ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)용 차광막(총 막 두께 52nm)을 형성하였다. 또한, 이 차광막은, ArF 엑시머 레이저(파

장 193nm)에서, 광학 농도는 3.0이었다.

- [0127] 다음으로, 이상과 같이 하여 얻어진 바이너리 마스크 블랭크(박막을 갖는 포토마스크 블랭크)를, 전술한 도 1에 도시한 장치를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 가압 처리를 행하였다. 또한, 가압 처리 조건은 실시예 1과 완전히 동일하다. 가압 처리 후, 박막의 총 막 두께(차광막의 막 두께)를 측정한 바, 50nm이었다. 가압 처리 전의 박막의 총 막 두께가 52nm이었던 것에 대해, 가압 처리에 의해, 2nm의 박막화(막 두께의 감소율 3.8%)를 실현할 수 있었다. 또한, 가압 처리에 의해, 박막의 막 밀도가 상승되어 있는 것도 확인할 수 있었다.
- [0128] 또한, 동일한 조건에서, 투광성 기판 상에 차광막을 성막하고, 가압 처리를 행한 별도의 바이너리 마스크 블랭크에 대해, 40℃, 4000 기압으로, 10분간 유지를 6회 반복하는 가압 처리를 다시 행해 본 바, 막 두께의 변동은 1nm 미만이었다.
- [0129] 다음으로, 상기한 바와 같이 하여 가압 처리를 행한 마스크 블랭크를 이용하여 바이너리 마스크를 제작하였다. 우선, 마스크 블랭크 상에, 전자선 묘화용 화학 증폭형 포지티브 레지스트막(후지 필름 일렉트로닉스 머테리얼 사제 PR1009)을 형성하였다.
- [0130] 다음으로 상기 레지스트막에 대해, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴 묘화를 행한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴을 형성하였다.
- [0131] 다음으로, 상기 레지스트 패턴을 포토마스크로 하여, MoSiON막과 MoSi막과 MoSiON막과의 적층으로 이루어지는 차광막의 드라이 에칭을 행하여 차광막 패턴을 형성하였다. 드라이 에칭 가스로서, SF₆과 He의 혼합 가스를 이용하였다.
- [0132] 잔존하는 레지스트 패턴을 박리하여, 바이너리 마스크를 얻었다. 또한, 차광막의 투과율은 성막 시와 거의 변화는 없었다.
- [0133] 얻어진 포토마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 30kJ/cm²로 되도록 연속 조사하고, 조사 후의 차광막의 광학 농도를 측정한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 3.0으로 되어 있고, 특별히 변화는 없었다. 또한, 노광광에 대한 차광막의 표면 반사율이, 21.2%, 이면 반사율이 29.1%이며, 패턴 전사에 영향이 없는 충분한 저반사율이었다. 또한, 차광막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 변질층이 확인되고, 그에 따른 선평의 굽기(CD 변화량:1nm)가 확인되었지만, 반도체 디자인 룰 hp32 세대 이후의 포토마스크로 하여는 충분한 정밀도이었다.
- [0134] <실시예 5>
- [0135] 석영 글래스로 이루어지는 투광성 기판 상에, 인라인형 스퍼터 장치를 이용하여, 스퍼터 타겟에 크롬 타겟을 사용하고, 아르곤과 질소의 혼합 가스 분위기(가스압 0.3Pa, 가스 유량비 Ar:N₂=72:28) 속에서 반응성 스퍼터링을 행하여 CrN막을 형성하고, 다음으로 아르곤과 메탄(가스압 0.3Pa, 가스 유량비 Ar:CH₄=97:8) 속에서 반응성 스퍼터링을 행하여 CrC막을 형성하고, 계속해서 아르곤과 일산화 질소의 혼합 분위기(가스압 0.3Pa, 가스 유량비 Ar:NO=97:3) 속에서 반응성 스퍼터링을 행하여 CrON막을 형성하고 총 막 두께가 73nm인 차광막을 형성하였다. 또한, 이 차광막은 ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 광학 농도는 3.0이었다.
- [0136] 다음으로, 이상과 같이 하여 얻어진 크롬계 바이너리 마스크 블랭크(박막을 갖는 포토마스크 블랭크)를, 전술한 도 1에 도시한 장치를 이용하여 실시예 1과 마찬가지로 가압 처리를 행하였다. 또한, 가압 처리 조건은, 실시예 1과 완전히 동일하다. 가압 처리 후, 박막의 총 막 두께(차광막의 막 두께)를 측정한 바, 69nm이었다. 가압 처리 전의 박막의 총 막 두께가 73nm이었던 것에 대해, 가압 처리에 의해, 4nm의 박막화(막 두께의 감소율 5.8%)를 실현할 수 있었다. 또한, 가압 처리 전후에서, X선을 이용한 반사 강도의 측정인 XRR 측정을 행한 바, 도 2에 도시한 바와 같이, 가압 처리 전후의 박막 구조 전체의 변화가 반사 강도 파형의 차이로서 확인할 수 있었다. 또한, 가압 처리의 전후에서, 박막의 반사의 스펙트럼 측정을 행한 바, 도 3에 도시한 바와 같이, 박막 구조 전체의 변화가 반사 강도 스펙트럼의 차이로서 확인할 수 있어, 가압 처리에 의해, 박막의 막 밀도가 상승되어 있는 것을 확인할 수 있었다.
- [0137] 또한, 동일한 조건에서, 투광성 기판 상에 차광막을 성막하고, 가압 처리를 행한 별도의 바이너리 마스크 블랭크에 대해, 40℃, 4000 기압으로, 10분간 유지를 6회 반복하는 가압 처리를 다시 행해 본 바, 막 두께의 변동은 1nm 미만이었다.
- [0138] 다음으로, 상기한 바와 같이 하여 가압 처리를 행한 포토마스크 블랭크를 이용하여 바이너리 마스크를 제작하였

다. 우선, 포토마스크 블랭크 상에, 전자선 묘화용 화학 증폭형 포지티브 레지스트막(후지 필름 일렉트로닉스 머테리얼사제 FEP171)을 형성하였다.

[0139] 다음으로 상기 레지스트막에 대해, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴 묘화를 행한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴을 형성하였다.

[0140] 다음으로, 상기 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 상기 차광층과 반사 방지층과의 적층으로 이루어지는 차광막의 드라이 에칭을 행하여 차광막 패턴을 형성하였다. 드라이 에칭 가스로서, Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스(가스 유량비 $Cl_2:O_2=4:1$)를 이용하였다.

[0141] 잔존하는 레지스트 패턴을 박리하여, 바이너리 마스크를 얻었다. 또한, 차광막의 투과율은 성막 시와 거의 변하는 없었다.

[0142] 얻어진 포토마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 $30kJ/cm^2$ 로 되도록 연속 조사하고, 조사 후의 차광막의 광학 농도를 측정한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 3.0으로 되어 있고, 특별히 변화는 없었다. 또한, 노광광에 대한 차광막의 표면 반사율이, 17.4%이며, 패턴 전사에 영향이 없는 충분한 저반사율이었다. 또한, 위상 시프트막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 변질층이 확인되고, 그에 따른 선평의 굵기(CD 변화량:2nm)가 확인되었지만, 반도체 디자인 룰 hp80세대 이후의 포토마스크로 하여는 충분한 정밀도이었다.

[0143] <실시예 6>

[0144] 투광성 기관 상에, 실시예 1과 마찬가지로의 조건에서 위상 시프트막과 차광막을 성막하고, 성막 후의 가압 처리는 행하지 않고, 위상 시프트 마스크 블랭크(박막을 갖는 마스크 블랭크)를 제조하였다. 다음으로, 상기한 바와 같이 하여 제조한 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하여, 실시예 1과 마찬가지로의 수순으로, 위상 시프트 마스크를 제작하였다.

[0145] 다음으로, 상기의 위상 시프트 마스크를, 전술한 도 1에 도시한 장치를 이용하여 가압 처리를 행하였다. 또한, 가압 처리 조건은, 실시예 1과 완전히 동일하다. 가압 처리 후, 전사 패턴(박막)의 총 막 두께(위상 시프트막의 막 두께+차광막의 막 두께)를 측정한 바, 113nm이었다. 가압 처리 전의 전사 패턴(박막)의 총 막 두께가 117nm이었던 것에 대해, 가압 처리에 의해, 4nm의 박막화(막 두께의 감소율 3.4%)를 실현할 수 있었다.

[0146] 또한, 기관 상에 동일한 성막 조건에서 위상 시프트막만 형성한 위상 시프트 마스크 블랭크를 별도로 제조하고, 다음으로 이 위상 시프트막을 패터닝하고, 이에 대해 동일한 가압 조건에서 가압 처리를 행한 바, 가압 처리 전의 위상 시프트막의 막 밀도가 $3.23g/cm^3$ 이었던 것에 대해, 가압 처리 후의 막 밀도가 $3.26g/cm^3$ 로 0.9% 상승되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

[0147] 상기 가압 처리를 행하여 얻어진 위상 시프트 마스크에 대해, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)를 총 조사량 $30kJ/cm^2$ 로 되도록 연속 조사하고, 조사 후의 위상 시프트막의 투과율 및 위상차를 측정한 바, ArF 엑시머 레이저(파장 193nm)에서, 투과율은 6.53%, 위상차는 172.09도로 되어 있었다. 따라서, 조사 전후의 변화량은, 투과율이 1.29%(증가), 위상차가 -1.76도이며, 변화량은 작게 억제되어 있고, 이 정도의 변화량은 포토마스크의 성능에 영향은 없다. 또한, 위상 시프트막 패턴의 단면을 TEM(투과형 전자 현미경)을 이용하여 상세하게 관찰한 바, 특별히 변질층은 확인되지 않고, 선평의 굵기(CD 변화량:1nm 미만)는 거의 확인되지 않았다.

[0148] 이상, 본 발명을, 복수의 실시예를 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 상기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 구성이나 상세에는, 청구항에 기재된 본 발명의 정신이나 범위 내에서 당업자가 이해할 수 있는 다양한 변경을 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0149] 도 1은 냉간 등방압 가압법에 의해 가압 처리를 행하는 장치의 개략 구성도.

[0150] 도 2는 가압 처리 전후에서의 박막을 갖는 포토마스크 블랭크의 X선 반사 강도에 관한 도면.

[0151] 도 3은 가압 처리 전후에서의 박막을 갖는 포토마스크 블랭크의 반사 강도 스펙트럼에 관한 도면.

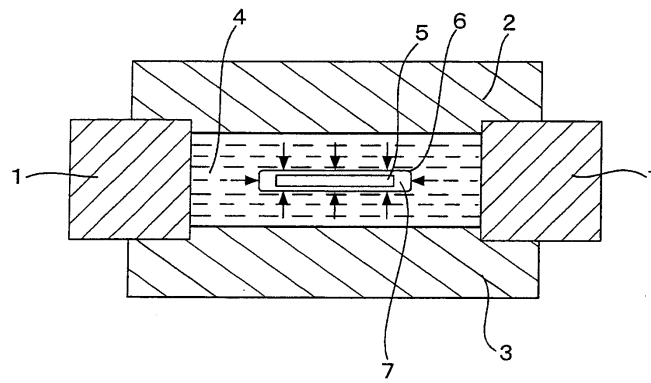
[0152] 도 4는 위상 시프트 마스크 블랭크의 일례를 나타내는 단면도.

[0153] <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>

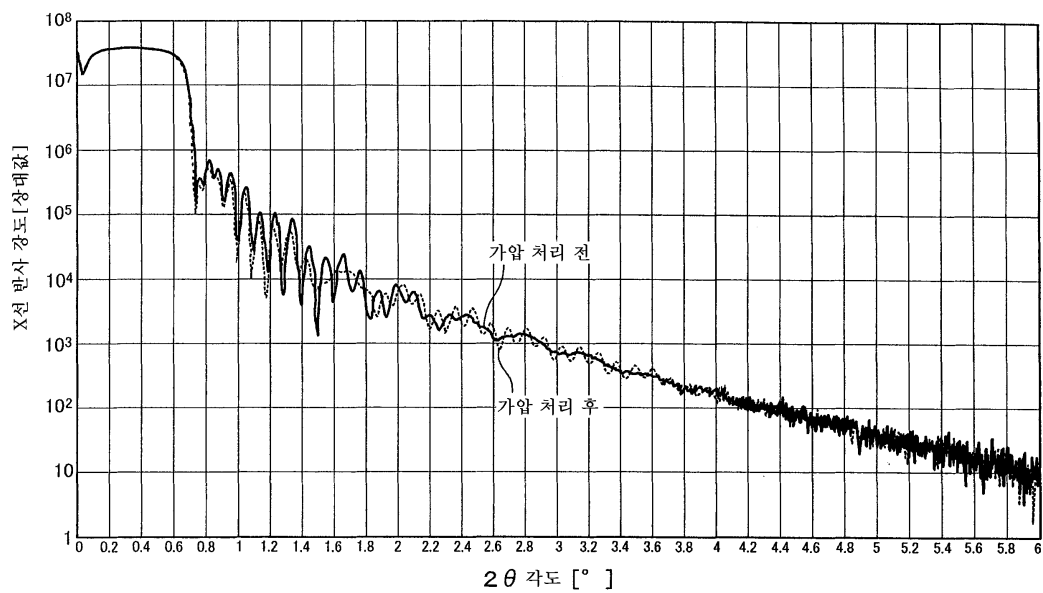
- [0154] 1 : 고압 원통
- [0155] 2 : 상부 덮개
- [0156] 3 : 하부 덮개
- [0157] 4 : 압력 매체
- [0158] 5 : 박막을 갖는 기관
- [0159] 6 : 수납 주머니
- [0160] 7 : 접촉 압매
- [0161] 10 : 투광성 기관
- [0162] 11 : 하프톤형 위상 시프트막
- [0163] 12 : 차광막

도면

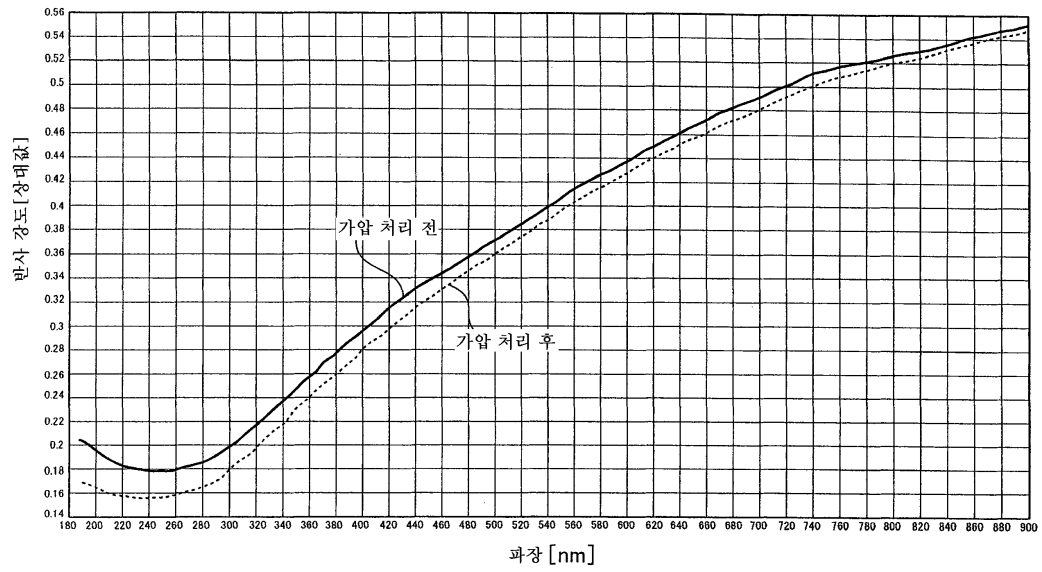
도면1



도면2



도면3



도면4

