



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년07월13일

(11) 등록번호 10-1536195

(24) 등록일자 2015년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03F 1/26 (2012.01) H01L 21/027 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-0026982

(22) 출원일자 2009년03월30일

심사청구일자 2013년11월29일

(65) 공개번호 10-2009-0104732

(43) 공개일자 2009년10월06일

(30) 우선권주장

JP-P-2008-094139 2008년03월31일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2001312043 A*

JP2007241136 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

호야 가부시키키가이샤

일본국 도쿄도 신주꾸구 나카오찌아이 2초메 7-5

(72) 발명자

오사무 노자와

일본, 도쿄, 신주꾸-구, 나카오찌아이 2-초메, 7-5, 호야코포레이션

(74) 대리인

특허법인다래

전체 청구항 수 : 총 8 항

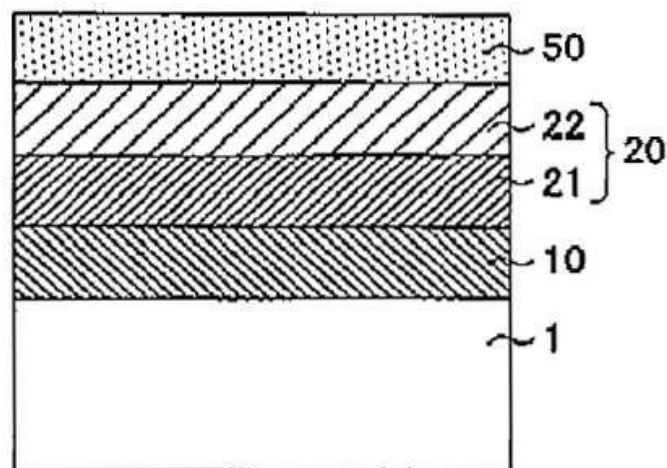
심사관 : 조승현

(54) 발명의 명칭 포토마스크 블랭크, 포토마스크 및 그 제조 방법

(57) 요약

투광성 기관에 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키는 위상 시프트부를 형성한 위상 시프트 마스크를 제작하기 위한 포토마스크 블랭크이다. 상기 위상 시프트부는 위상 시프트부를 형성하지 않은 부분의 투광성 기관을 투과하는 노광광에 대하여, 소정의 위상차를 발생시키는 굴입 깊이로 상기 투광성 기관의 표면에서부터 파낸 굴입부이며, 상기 투광성 기관을 파내는 측의 표면에는 염소계 가스로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되고, 상기 굴입부를 드라이 에칭으로 형성할 때에 적어도 상기 굴입 깊이에 도달할 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 에칭 마스크막과, 그 에칭 마스크막의 표면에 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 투광성 기관의 굴입부를 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막을 갖는다.

대 표 도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

투광성 기관에 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키는 위상 시프트부를 형성한 위상 시프트 마스크를 제작하기 위한 포토마스크 블랭크로서,

상기 위상 시프트부는 위상 시프트부를 형성하지 않은 부분의 상기 투광성 기관을 투과하는 노광광에 대하여, 소정의 위상차를 발생시키는 굴입 깊이로 상기 투광성 기관의 표면에서부터 파낸 굴입부이며,

상기 투광성 기관을 파내는 측의 표면에는, 염소계 가스로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되고, 상기 굴입부를 드라이 에칭으로 형성할 때에 적어도 상기 굴입 깊이에 도달할 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 에칭 마스크막과,

그 에칭 마스크막의 표면에, 상기 투광성 기관의 상기 굴입부를 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막 두께의 차광막을 갖고,

상기 차광막은, 질화 탄탈을 함유하는 재료로 형성되는 차광층과, 그 차광층의 상면에 적층하는 산화 탄탈을 함유하는 재료로 형성되는 반사 방지층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 차광막은, 막 두께가 15nm 부터 50nm인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은 크롬, 질화 크롬, 산화 크롬, 질화 산화 크롬, 산화 탄화 질화 크롬 중 어느 하나를 함유하는 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은, 막 두께가 5nm 부터 40nm인 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

삭제

청구항 17

제1항에 기재된 포토마스크 블랭크를 이용하여 제작되는 포토마스크.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은, 크롬, 하프늄, 지르코늄에서 선택되는 금속, 상기 금속을 함유하는 합금, 또는 상기 금속 혹은 상기 합금을 함유하는 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

청구항 19

삭제

청구항 20

위상 시프트 마스크의 제조방법에 있어서,

상기 위상 시프트 마스크는 투광성 기판과, 위상 시프트 패턴과, 차광 패턴으로 이루어지고,

상기 투광성 기판 상에, 크롬을 함유하는 재료로 이루어지는 에칭 마스크막과, 질화 탄탈을 함유하는 재료로 이루어지는 차광층 및 산화 탄탈을 함유하는 재료로 이루어지는 반사 방지층으로 이루어지는 차광막이 차례로 적층된 마스크 블랭크를 준비하는 공정과,

상기 위상 시프트 패턴을 갖는 레지스트막을 마스크로 하여, 불소계 가스를 이용한 드라이 에칭을 실시하고, 상기 반사 방지층에 상기 위상 시프트 패턴을 형성하는 공정과,

상기 위상 시프트 패턴을 갖는 반사 방지층을 마스크로 하여, 염소계 가스를 이용한 드라이 에칭을 실시하고, 상기 차광층에 상기 위상 시프트 패턴을 형성하는 공정과,

상기 위상 시프트 패턴이 형성된 상기 차광막을 마스크로 하여, 염소계 가스를 이용한 드라이 에칭을 실시하고, 상기 에칭 마스크막에 상기 위상 시프트 패턴을 형성하는 공정과,

상기 차광 패턴을 갖는 레지스트막을 상기 차광막 상에 형성하는 공정과,

불소계 가스를 이용한 드라이 에칭을 실시함으로써, 상기 위상 시프트 패턴을 갖는 상기 에칭 마스크막을 마스크로 하여, 상기 투광성 기판에, 위상 시프트부를 형성하고 있지 않은 부분의 상기 투광성 기판을 투과하는 노

광광에 대하여, 소정의 위상차를 발생시키는 굴입 깊이의 굴입부를 포함하는 위상 시프트 패턴을 형성하는 동시에, 상기 차광 패턴을 갖는 레지스트막을 마스크로 하여, 상기 차광막에 상기 차광 패턴을 형성하는 공정과,

상기 차광 패턴을 갖는 레지스트막을 마스크로 하여, 염소계 가스를 이용한 드라이 에칭을 실시하고, 상기 에칭 마스크막에 상기 차광 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 하는 위상 시프트 마스크의 제조방법.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

제20항에 있어서,

상기 에칭 마스크막은 크롬, 질화 크롬, 산화 크롬, 질화 산화 크롬, 산화 탄화 질화 크롬 중 어느 하나를 함유하는 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 위상 시프트 마스크의 제조방법.

발명의 설명

발명의 상세한 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 디바이스 등의 제조에 있어서 사용되는 포토마스크 블랭크, 포토마스크 및 그 제조 방법 등에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스 등의 미세화는 성능, 기능의 향상(고속 동작이나 저소비 전력화 등)이나 저비용화를 가져오는 이점이 있어서, 미세화는 더욱 더 가속되고 있다. 이 미세화를 지지하고 있는 것이 리소그래피 기술이며, 전사용 마스크는 노광 장치, 레지스트 재료와 함께 주요 기술이 되고 있다.

[0003] 최근, 반도체 디바이스의 설계 사양에서 말하는 하프 피치(hp) 45nm ~ 32nm 세대의 개발이 진행되고 있다. 이것은 ArF 엑시머 레이저 노광광(이하, ArF 노광광)의 파장 193nm의 1/4 ~ 1/6에 상당한다. 특히 hp 45nm 이후의 세대에서는 종래의 위상 시프트법, 경사입사 조명법이나 동공 필터법 등의 초해상 기술(Resolution Enhancement Technology:RET)과 광 근접 효과 보정(Optical Proximity Correction:OPC) 기술의 적용만으로는 불충분해지고 있고, 초고 NA 기술(엑침 리소그래피)이나 이중 노광법(더블 패터닝)이 필요해 지고 있다.

[0004] 그런데, 반도체 제조에 필요한 회로 패턴은 복수의 포토마스크(레티클)패턴에 의해 반도체 웨이퍼에 순차 노광된다. 예를 들어, 소정의 레티클이 세트된 축소 투영 노광 장치는 웨이퍼 상의 피 투영 영역을 차례차례로 어긋나게 옮기면서 반복 패턴을 투영 노광한다(스텝·앤드·리피트 방식). 또는, 레티클과 웨이퍼를 투영 광학계에 대하여 동기 주사하고, 반복 패턴을 투영 노광한다(스텝·앤드·스캔 방식). 이로써, 반도체 웨이퍼 안에 소정 개수만큼의 집적 회로 칩 영역을 형성한다.

[0005] 포토마스크(레티클)는 전사 패턴을 형성한 영역과, 그 외주 영역을 갖는다. 이 외주 영역, 즉 포토마스크(레티클)에 있어서의 네 개의 변을 따른 둘레 가장자리의 영역은 포토마스크(레티클) 상의 전사 패턴을 웨이퍼 상의 피 투영 영역을 차례차례로 어긋나게 옮기면서 순차 노광할 때에, 집적 회로 칩의 형성수를 늘리는 목적으로 서로의 외주 영역이 겹치도록 하여 노광, 전사된다. 이러한 겹침 노광에 의한 웨이퍼 상 레지스트 감광을 방지하는 목적으로, 포토마스크의 외주 영역에는 차광대(차광체의 띠, 차광체 링)를 마스크 가공으로 제작한다.

[0006] 위상 시프트 법은, 위상 시프트부를 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키고, 광의 간섭 작용을 이용하여 전사 패턴의 해상도를 향상시키는 수법이다.

[0007] 위상 시프트 법에 의해 해상성을 향상시킨 포토마스크로는 석영 기판을 에칭 등에 의해 파내어 시프트부를 형성

하는 기관 굴입 타입과, 기관 상에 형성한 위상 시프트막을 패터닝하여 시프터부를 형성하는 타입이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- [0008] 기관 굴입(음각) 타입의 포토마스크로서, 레벤슨형 위상 시프트 마스크, 인헨서형 위상 시프트 마스크, 크롬리스 위상 시프트 마스크 등이 있다. 크롬리스 위상 시프트 마스크에는 라인 상의 차광층을 완전하게 제거한 타입과, 라인 상의 차광층을 패터닝한 타입(이른바 제브라 타입)이 있다. 레벤슨형 위상 시프트 마스크나 크롬리스 위상 시프트 마스크의 전사 영역의 차광층을 완전하게 제거한 타입은 Alternative phase shifter 라고도 칭해지고, 위상 시프터부를 통과하는 노광광은 대체로 100% 투과되는 타입의 위상 시프트 마스크 블랭크이다. 인헨서형 위상 시프트 마스크는 차광부와, 투과율 제어부(위상 360° 반전= 0°), 유리를 파낸 180° 반전부가 형성된다. 어느 타입에서도, 포토마스크(렉틸)에 있어서의 네 개의 변을 따른 둘레 가장자리의 영역(외주 영역)에는 차광대를 형성할 필요가 있다.
- [0009] 이러한 크롬리스 위상 시프트 마스크를 제조하기 위한 포토마스크 블랭크는 투명 기관 상에 Cr로 이루어지는 차광층과 CrO로 이루어지는 저반사층을 적층한 CrO/Cr 차광막을 갖는 것이 알려져 있고, 토탈의 막두께는 70 ~ 100nm 이다(예를 들어, 일본 공개특허공보 2007-241136호(특허 문헌 1)의 [0005] 란 참조). 또, 크롬리스 위상 시프트 마스크의 제조 프로세스는 차광막 패터를 에칭 마스크로 하여 기관의 굴입을 실시함과 동시에, 상기 차광막 패터의 형성에 이용한 레지스트 패터를 제거한 후, 다시 레지스트를 도포하고, 노광, 현상을 실시하여 차광막을 남기는 개소를 보호한 후, 불필요한 개소의 차광막을 에칭에 의해 제거하고, 기관 외주 영역의 차광대와, 필요에 따라 전사 영역의 차광 패터를 갖는 포토마스크를 얻는다. 즉, 차광막은 에칭 마스크(하드 마스크라고도 한다)로서의 기능과, 차광대나 차광 패터를 형성하기 위한 층으로서의 기능(차광 기능을 확보하는 기능)을 겸용한다.
- [0010] 일반적으로, 포토마스크의 CD 퍼포먼스의 개선에는 차광막과 그것을 형성하기 위한 레지스트의 박막화가 유효하다. 그러나, 차광막을 박막화하면 OD값(광학 농도)이 감소해 버린다. 상기 서술한 CrO/Cr 차광막에서는 일반적으로 필요하게 여겨지고 있는 OD=3을 달성하기 위해, 60nm 정도의 토탈의 막두께가 최적인 필요하여 대폭적인 박막화는 곤란하다. 또, 차광막이 박막화될 수 없으면, 레지스트와의 선택비가 원인이 되어 레지스트도 박막화할 수 없다. 따라서, 큰 CD의 개선을 희망할 수 없다.
- [0011] 이 대응책으로 특허 문헌 1의 방법이 제안되어 있다. 이 방법은, 차광 기능층과 에칭 마스크층을 별도 재료로 구성함으로써, 상기 요구를 만족하고자 하는 것이다.
- [0012] 특허 문헌 1의 방법은, 층 구성이 예를 들어, 기관/Cr계 제 2 에칭 마스크막/MoSi계 차광막/Cr계 제 1 에칭 마스크막(검 반사 방지막)과 같이, 기관으로부터 가장 먼 최표면의 제 1 에칭 마스크막에 Cr계의 재료를 사용하고 있다(특허 문헌 1 [0038] 란 등 참조). 이로써, 제 1 에칭 마스크막의 상면에 도포되는 레지스트막은 최저한 제 1 에칭 마스크막에 패터를 전사할 수 있으면 되고, 레지스트막의 어느 정도의 박막화를 도모하는 것은 가능하다. 그러나, Cr계 재료의 제 1 에칭 마스크막은 염소와 산소의 혼합 가스로 드라이 에칭할 필요가 있고, 레지스트와의 선택비가 낮다(레지스트의 소비량이 많다.). 이 때문에, 레지스트의 막두께의 대폭적인 박막화(레지스트막 두께 200nm 이하, 나아가서는 150nm의 실현)가 어렵고, 마스크 상의 패턴 해상성을 약 65nm 이하, 나아가서는 50nm 이하라는 고정밀도를 실현하기에는 CD 정밀도도 충분하다고는 말하기 어려운 문제가 있다.
- [0013] 또, 특허 문헌 1의 방법은, 층 구성이 MoSi계 차광막의 상하에 2개의 Cr계 에칭 마스크막이 형성된 구성으로 되어 있는 것으로부터, 포토마스크 블랭크를 제조할 때의 프로세스가 번잡해진다는 문제가 있다.
- [0014] 게다가 층 구성이 많기 때문에 가공 프로세스가 번잡해진다는 문제도 있다. 예를 들어, 이 방법의 층 구성은, 기관/Cr계 제 2 에칭 마스크막/MoSi계 차광막/Cr계 제 1 에칭 마스크막(검 반사 방지막)의 블랭크를 이용할 필요가 있고(특허 문헌 1 [0038] 란 등 참조), 층 구성이 많기 때문에 가공 프로세스가 번잡해진다는 문제가 있다.
- [0015] 상기한 것은, 예를 들어, 기관/MoSi계 위상 시프트막/Cr계 제 2 에칭 마스크막/MoSi계 차광막/Cr계 제 1 에칭 마스크막(검 반사 방지막)의 블랭크를 이용하는 경우에 있어서도 동일하고(일본 공개특허공보 2007-241065호(특허 문헌 2) [0174] 란 등 참조), 층 구성이 많기 때문에 가공 프로세스가 번잡해진다는 문제가 있다.

- [0016] 또, MoSi계 재료를 사용하는 차광막은 약품 세정에 대한 내성(특히 암모니아과수에 대한 내성)이 낮다. 또, 온수 세정(예를 들어, 90℃의 온수에서의 세정)에 대한 내성도 낮고, 포토마스크를 제작한 후의 세정에 대한 문제가 있다.
- [0017] 본 발명은 가공 정밀도를 희생하지 않고, 가공 프로세스를 경감시킬 수 있는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등의 제공을 목적으로 한다.
- [0018] 본 발명은 가공 정밀도를 희생하지 않고, 층 구성을 저감시킬 수 있는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등의 제공을 목적으로 한다.
- [0019] 또, 본 발명은 서로 밀접하게 관련되는 이하의 5개의 과제(1) ~ (5)를 적은 층 구성으로 달성한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등의 제공을 목적으로 한다.
- [0020] (1) 마스크 상의 패턴의 해상성 약 65nm 이하, 나아가서는 50nm 이하의 실현,
- [0021] (2) 차광막 또는 차광막과 그 상하의 층으로 구성되는 차광부의 광학 농도 OD>3의 확보,
- [0022] (3) 레지스트의 박막화에 의한 레지스트 패턴의 폭에 대한 높이(두께)의 비(比) 3 이하의 실현(레지스트막 두께 200nm 이하, 나아가서는 150nm의 실현)에 의한 레지스트 패턴의 넘어짐 방지,
- [0023] (4) EB 레지스트를 도포하는 막의 도전성의 확보,
- [0024] (5) 포토마스크 블랭크로부터 제작한 포토마스크의 약품 세정에 대한 내성, 온수 세정에 대한 내성의 향상.
- [0025] 본 발명자는 특허 문헌 1에 기재된 방법, 예를 들어, 기관/Cr계 제 2 에칭 마스크막/MoSi계 차광막/Cr계 제 1 에칭 마스크막(검 반사 방지막)과 같이, 레지스트막 패턴을 전사하는 에칭 마스크막에 Cr계의 박막을 사용하는 것이 아니라, Ta를 주성분으로 하는 차광막을 적용하여 레지스트막 패턴을 차광막에 직접 전사함으로써 상기 목적을 달성할 수 있는 것을 찾아내어, 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

과제 해결수단

- [0026] 본 발명에서는, 예를 들어, 하프톤형 혹은 유리 굴입형 위상 시프트 마스크 에 있어서, Cr을 주성분으로 하는 박막층, Ta를 주성분으로 하는 차광층, Ta 산화물을 주성분으로 하는 반사 방지층을 순차 적층시킨 차광막을 갖는 블랭크를 사용한다.
- [0027] Cr을 주성분으로 하는 박막층은 불소계 가스에서는 실질적으로 드라이 에칭되지 않는 것으로부터, 하프톤 위상 시프트막 혹은 유리 기관을 불소계 가스를 이용하여 에칭할 때의 에칭 마스크(하드 마스크라고도 한다)로서 기능한다. Ta 산화물을 주성분으로 하는 반사 방지층은, 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스에는 실질적으로 드라이 에칭되지 않고, 게다가 Ta는 산화되기 쉬운 재료이므로, 염소와 산소의 혼합 가스에서는 산화되어버리고, 실질적으로 드라이 에칭되지 않는 것으로부터, Cr을 주성분으로 하는 박막층을 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스를 이용하여 에칭할 때의 하드 마스크로서 기능한다. 레지스트막은 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스에 비해, Ta계 차광막을 드라이 에칭할 때에 사용하는 불소계 가스에 대한 에칭 내성이 높고, 레지스트막의 박막화가 도모되어, Ta계 차광막에 패턴을 전사할 때의 가공 정밀도도 높일 수 있다.
- [0028] Ta를 주성분으로 하는 차광층 및 Ta산화물을 주성분으로 하는 반사 방지층은 위상 시프트 패턴을 형성하기 위한 불소계 가스를 이용한 에칭에 의해 제거되고, 위상 시프트 패턴 형성 후에는 Cr을 주성분으로 하는 박막층만이 잔존한다. 이 때문에, 포토마스크를 제작할 때의 가공 프로세스도 경감시킬 수 있다.

효과

- [0029] 본 발명의 효과를 하기에 나타낸다.
- [0030] (1) Ta계 막을 Cr계 막 에칭의 하드 마스크로 하고, 미세 패턴 제작에 필요한 레지스트 박막화를 가능하게 한다. 동시에 충분한 차광 성능(OD)을 유지한다.
- [0031] (2) 위상 시프트 패턴 형성시의 불소계 가스를 이용한 에칭에 의해 Ta계 막이 제거되고, 남은 Cr계 막은 염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스에 의한 드라이 에칭, 또는 질산 제 2 암모늄세탁 등의 약액에 의해, 위상 시프트

패턴에 데미지를 주지 않고 제거 가능하다.

[0032] (3) 반사 방지층을 Ta 산화막으로 함으로써, MoSiON 등의 반사 방지막으로 문제가 되는 온수나 알칼리에 대한 내성을 향상시킨다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0033] 본 발명은, 이하의 양태를 갖는다.

[0034] (양태 1)

[0035] 투광성 기관에 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키는 위상 시프트부를 형성한 위상 시프트 마스크를 제작하기 위한 포토마스크 블랭크로서,

[0036] 상기 위상 시프트부는 위상 시프트부를 형성하지 않은 부분의 상기 투광성 기관을 투과하는 노광광에 대하여, 소정의 위상차를 발생시키는 굴입 깊이로 상기 투광성 기관의 표면에서부터 파낸 굴입부이며,

[0037] 상기 투광성 기관을 파내는 측의 표면에는 염소계 가스로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되고, 상기 굴입부를 드라이 에칭으로 형성할 때에 적어도 상기 굴입 깊이에 도달할 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 에칭 마스크막과,

[0038] 그 에칭 마스크막의 표면에 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 상기 투광성 기관의 상기 굴입부를 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막을 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

[0039] (양태 2)

[0040] 투광성 기관에 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키는 위상 시프트부를 형성한 위상 시프트 마스크를 제작하기 위한 포토마스크 블랭크로서,

[0041] 상기 위상 시프트부는 상기 투과하는 노광광에 대하여 소정량의 위상 변화를 주는 위상 시프트막이며,

[0042] 그 위상 시프트막의 표면에는 염소계 가스로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되고, 적어도 드라이 에칭에 의해 상기 위상 시프트막에 전사 패턴이 형성될 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 에칭 마스크막과,

[0043] 그 에칭 마스크막의 표면에 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 상기 위상 시프트막에 전사 패턴을 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막을 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크.

[0044] (양태 3)

[0045] 상기 차광막은,

[0046] 질화 탄탈을 주성분으로 하는 차광층과,

[0047] 그 차광층의 상면에 적층하는 산화 탄탈을 주성분으로 하는 반사 방지층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 양태 1 또는 2의 포토마스크 블랭크.

[0048] (양태 4)

[0049] 상기 차광막은, 막두께가 15nm 부터 50nm인 것을 특징으로 하는 양태 1 내지 3 중 어느 하나의 포토마스크 블랭크.

[0050] (양태 5)

[0051] 상기 에칭 마스크막은 크롬, 질화 크롬, 산화 크롬, 질화 산화 크롬, 산화 탄화 질화 크롬 중 어느 하나를 주성분으로 하는 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 양태 1 내지 4 중 어느 하나의 포토마스크 블랭크.

[0052] (양태 6)

[0053] 상기 에칭 마스크막은, 막두께가 5nm 부터 40nm인 것을 특징으로 하는 양태 1 내지 5 중 어느 하나의 포토마스크 블랭크.

[0054] (양태 7)

- [0055] 상기 위상 시프트막은 몰리브덴 실리사이드, 몰리브덴 실리사이드의 질화물, 몰리브덴 실리사이드의 산화물, 몰리브덴 실리사이드의 질화 산화물 중 어느 하나를 주성분으로 하는 재료로 형성되어 있는 것을 특징으로 하는 양태 2 내지 6 중 어느 하나의 포토마스크 블랭크.
- [0056] (양태 8)
- [0057] 상기 위상 시프트막은 실리콘 산화물 또는 실리콘 산화 질화물을 주성분으로 하는 재료로 형성되는 위상 조정층과, 탄탈 또는 탄탈-하프늄 합금을 주성분으로 하는 투과율 조정층으로 이루어지는 것을 특징으로 하는 양태 2 내지 6 중 어느 하나의 포토마스크 블랭크.
- [0058] (양태 9)
- [0059] 양태 1 내지 8 중 어느 하나의 포토마스크 블랭크를 이용하여 제작되는 포토마스크.
- [0060] 본 발명에 의하면, 가공 정밀도를 희생하지 않고, 가공 프로세스를 경감시킬 수 있는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등을 제공할 수 있다.
- [0061] 또, 본 발명에 의하면, 가공 정밀도를 희생하지 않고, 층 구성을 저감시킬 수 있는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등을 제공할 수 있다.
- [0062] 또, 본 발명에 의하면, 서로 밀접하게 관련되는 이하의 5개의 과제 (1) ~ (5)를 적은 층 구성으로 달성한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등을 제공할 수 있다.
- [0063] (1) 마스크 상의 패턴의 해상성 약 65nm 이하, 나아가서는 50nm 이하의 실현,
- [0064] (2) 차광막 또는 차광막과 그 상하의 층으로 구성되는 차광부의 광학 농도 OD>3의 확보,
- [0065] (3) 레지스트의 박막화에 의한 레지스트 패턴의 폭에 대한 높이(두께)의 비 3 이하의 실현(레지스트막 두께 200nm 이하, 나아가서는 150nm의 실현)에 의한 레지스트 패턴의 넘어짐 방지,
- [0066] (4) EB 레지스트를 도포하는 막의 도전성의 확보.
- [0067] (5) 포토마스크 블랭크로부터 제작한 포토마스크의 약품 세정에 대한 내성, 온수 세정에 대한 내성의 향상.
- [0068] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.
- [0069] 본 발명의 포토마스크 블랭크는,
- [0070] 투광성 기판에 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키는 위상 시프트부를 형성한 위상 시프트 마스크를 제작하기 위한 포토마스크 블랭크로서,
- [0071] 상기 위상 시프트부는 위상 시프트부를 형성하지 않은 부분의 투광성 기판을 투과하는 노광광에 대하여, 소정의 위상차를 발생시키는 굴입 깊이로 상기 투광성 기판의 표면에서부터 파넨 굴입부이며,
- [0072] 상기 투광성 기판을 파내는 측의 표면에는 염소계 가스로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되고, 상기 굴입부를 드라이 에칭으로 형성할 때에 적어도 상기 굴입 깊이에 도달할 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 에칭 마스크막과,
- [0073] 그 에칭 마스크막의 표면에 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 투광성 기판의 굴입부를 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막을 갖는 것을 특징으로 한다(양태 1).
- [0074] 또한, 본원에 있어서의 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료란, 투광성 기판의 굴입부를 형성하기 위한 불소계 가스에 의한 드라이 에칭을 실시했을 때에, 물리적인 에칭은 되지만, 굴입부가 소정의 위상차를 발생시키는 만큼의 굴입 깊이에 도달할 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 재료도 포함된다.
- [0075] 이와 같은 구성에 의하면, 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 투광성 기판의 굴입부를 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막은 투광성 기판의 굴입부를 형성하는 드라이 에칭시에 제거된다. 따라서, 가공 프로세스를 경감시킬 수 있다.
- [0076] 또, 탄탈계 차광막을 이용함으로써, 그 위에 형성되는 레지스트에 관하여 미세 패턴 제작에 필요한 레지스트의 박막화가 가능해진다. 탄탈계 차광막의 에칭 가스에 대해 레지스트의 내성이 높기 때문이다.
- [0077] 게다가 이 포토마스크 블랭크로부터 제작한 포토마스크는 약품 세정이나 온수 세정에 대한 내성을 높게 할 수

있다. 탄탈계 차광막은, 약품 세정에 대한 내성(특히 암모니아과수에 대한 내성)이나, 온수 세정에 대한 내성이 높기 때문이다.

[0078] 도 1은 본 발명의 제 1 실시형태에 관련된 포토마스크 블랭크의 일례를 나타낸다.

[0079] 도 1에 나타내는 포토마스크 블랭크는 기관 굴입 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용된다.

[0080] 이 포토마스크 블랭크는, 투명 기관(1)의 표면에 에칭 마스크층(10), Ta계 차광층(21)과 Ta계 반사 방지층(22)으로 이루어지는 Ta계 차광막(20), 레지스트막(50)을 이 순서로 구비한다.

[0081] 기관 굴입 타입의 위상 시프트 마스크의 일례를 도 4I에 나타낸다.

[0082] 본 발명의 다른 포토마스크 블랭크는,

[0083] 투광성 기관에 투과하는 노광광에 대하여 소정의 위상차를 발생시키는 위상 시프트부를 형성한 위상 시프트 마스크를 제작하기 위한 포토마스크 블랭크로서,

[0084] 상기 위상 시프트부는 투과하는 노광광에 대하여 소정량의 위상 변화를 주는 위상 시프트막이며,

[0085] 그 위상 시프트막의 표면에는 염소계 가스로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되고, 적어도 드라이 에칭에 의해 위상 시프트막에 전사 패턴이 형성될 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 에칭 마스크막과,

[0086] 그 에칭 마스크막의 표면에 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 위상 시프트막에 전사 패턴을 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막을 갖는 것을 특징으로 한다(양태 2).

[0087] 이러한 양태에 의하면, 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되고, 위상 시프트막에 전사 패턴을 형성하는 드라이 에칭시에 제거 가능한 막두께의 차광막은 위상 시프트막에 전사 패턴을 형성하는 드라이 에칭시에 제거된다. 따라서, 가공 프로세스를 경감시킬 수 있다.

[0088] 또, 탄탈계 차광막을 이용함으로써, 그 위에 형성되는 레지스트에 관하여, 미세 패턴 제작에 필요한 레지스트의 박막화가 가능해진다.

[0089] 게다가 탄탈계 차광막을 이용함으로써, 이 포토마스크 블랭크로부터 제작한 포토마스크는 약품 세정이나 온수 세정에 대한 내성을 높게 할 수 있다.

[0090] 도 2는 본 발명의 제 2 실시형태에 관련된 포토마스크 블랭크의 일례를 나타낸다.

[0091] 도 2에 나타내는 포토마스크 블랭크는 기본적으로 기관을 파내지 않고, 하프톤형 위상 시프트막에 의해 위상 시프트부를 형성하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용된다.

[0092] 이 포토마스크 블랭크는 투명 기관(1)의 표면에 하프톤형 위상 시프트막(30), 에칭 마스크막(10), Ta계 차광층(21)과 Ta계 반사 방지층(22)으로 이루어지는 Ta계 차광막(20), 레지스트막(50)을 이 순서로 구비한다.

[0093] 이 타입의 위상 시프트 마스크의 일례를 도 6I에 나타낸다. 이 타입의 위상 시프트 마스크에서는, 도 6I에 나타내는 바와 같이, 기관(1) 상에 하프톤 위상 시프트막 패턴(30a)을 갖는다.

[0094] 본 발명의 제 3 실시형태에 관련된 포토마스크 블랭크의 일례를, 본 발명의 제 2 실시형태의 설명으로 이용한 도 2를 대용하여 설명한다.

[0095] 제 3 실시형태에 관련된 포토마스크 블랭크는 하프톤형 위상 시프트막을 구비하고, 추가로 기관을 파냄으로써 고투과율의 위상 시프트부를 형성하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용된다.

[0096] 이 포토마스크 블랭크는 투명 기관(1)의 표면에 하프톤형 위상 시프트막(30), 에칭 마스크층(10), Ta계 차광층(21)과 Ta계 반사 방지층(22)으로 이루어지는 Ta계 차광막(20), 레지스트막(50)을 이 순서로 구비한다.

[0097] 이 타입의 위상 시프트 마스크의 일례를 도 8J에 나타낸다. 이 타입의 위상 시프트 마스크에서는, 도 8J에 나타내는 바와 같이, 기관의 굴입부(1a) 상에 두께를 얇게 구성한 하프톤 위상 시프트막 패턴(30a)을 형성하여 이루어지는 위상 시프트부를 갖는다. 제 2 실시형태에서 나타난 바와 같은 단층의 위상 시프트막에서는, 노광광에 대하여 소정량의 위상차(위상 시프트 양)를 발생시키는 것과, 노광광에 대하여 소정의 투과율로 제어하는 것을 양립하기 위해서는, 소정 이상의 막두께가 필요하다. 그래서, 이 제 3 실시형태에 관련된 포토마스크 블랭크에서는, 단층의 위상 시프트막의 막두께를 얇게 함으로써, 노광광에 대한 고투과율을 실현하고, 게다가 막두께를

얇게 함으로써, 부족한 만큼의 위상 시프트 양을 하프톤 위상 시프트막 패턴(30a)이 형성되지 않는 기관 노출 부분에 그 부족한 위상 시프트 양에 알맞는 깊이로 굴입부(1a)를 형성함으로써, 노광광에 대하여 소정의 위상차를 주는 것을 실현하고 있다.

- [0098] 도 3은 본 발명의 제 4 실시형태에 관련된 포토마스크 블랭크의 일례를 나타낸다. 도 3에 나타내는 포토마스크 블랭크는 기관 굴입이 없는 타입이며, 또한, 고투과율의 하프톤형 위상 시프트막을 구비함으로써 고투과율의 위상 시프트부를 형성하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용된다. 고투과율을 얻기 위해 하프톤형 위상 시프트부를 위상 제어층과 투과율 제어층의 2층으로 구성한다.
- [0099] 이 포토마스크 블랭크는, 투명 기관(1)의 표면 측에 위상 제어층(32)과 투과율 제어층(31)으로 이루어지는 하프톤형 위상 시프트막(30), 에칭 마스크막(10), Ta계 차광층(21)과 Ta계 반사 방지층(22)으로 이루어지는 Ta계 차광막(20), 레지스트막(50)을 이 순서로 구비한다.
- [0100] 이 타입의 위상 시프트 마스크의 일례를 도 9J에 나타낸다. 이 타입의 위상 시프트 마스크에서는, 도 9J에 나타내는 바와 같이, 기관(1) 상에 위상 제어층(32)과 투과율 제어층(31)으로 이루어지는 하프톤형 위상 시프트막(30)의 패턴(30a)을 갖는다.
- [0101] 본 발명에 있어서, 탄탈을 주성분으로 한 재료로는, 예를 들어, 탄탈 단체나, 탄탈에 산소, 질소, 탄소, 수소, 붕소, 규소 등으로 이루어지는 원소를 적어도 1종을 포함하는 재료 (탄탈을 포함하는 재료), 등의 탄탈계 재료를 이용할 수 있다.
- [0102] 본 발명에 있어서, 탄탈을 주성분으로 한 재료로 형성되는 차광막의 막 구조로는, 상기 막 재료로 이루어지는 복수층 구조로 하는 것이 많지만, 단층으로 할 수도 있다. 복수층 구조에서는, 상이한 조성으로 단계적으로 형성한 복수층 구조나, 연속적으로 조성이 변화된 막 구조로 할 수 있다.
- [0103] 본 발명에 있어서, 에칭 마스크막은 염소계 가스(염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스의 경우를 포함한다)로 드라이 에칭되고, 불소계 가스로 드라이 에칭되지 않는 재료(이하, 소정의 재료라고 한다)로 형성되고, 적어도 불소계 가스에 의한 드라이 에칭에 의해 위상 시프트막에 전사 패턴이 형성될 때까지 에칭 마스크로서 기능하는 것이 필요하다. 이러한 에칭 마스크막으로는 크롬, 하프늄, 지르코늄이나, 이들의 원소를 포함하는 합금, 또는 상기 원소나 상기 합금을 포함하는 재료(예를 들어, 상기 원소나 상기 합금을 포함하는 재료에 추가하고, 산소, 질소, 규소, 탄소 중 적어도 하나를 포함하는 막)로 이루어지는 막을 들 수 있다.
- [0104] 또, 에칭 마스크막에는 미세 구조나 내구성을 조정하기 위해, 염소계 가스(염소계 가스와 산소 가스의 혼합 가스의 경우를 포함한다)로 에칭되는 몰리브덴, 티탄, 바나듐, 실리콘 등으로 이루어지는 원소를 적어도 1종 포함하는 크롬계 재료, 하프늄계 재료, 지르코늄계 재료를 이용해도 된다.
- [0105] 본 발명에 있어서, 에칭 마스크층은 기관이나 다른 층에 데미지를 주지 않고, 드라이 에칭 또는 웨트 에칭에 의해 박리 할 수 있는 것이 바람직하다.
- [0106] 본 발명에 있어서, 에칭 마스크막의 기관이나 다른 층에 대한 에칭 선택비(에칭 마스크막의 에칭 속도/기관이나 다른 층의 에칭 속도)는 1/5 이하인 것이 바람직하다.
- [0107] 본 발명에 있어서, 위상 시프트막은 불소계 가스로 실질적으로 드라이 에칭되고, 염소계 가스로 실질적으로 드라이 에칭되지 않는 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다.
- [0108] 본 발명에 있어서, 위상 시프트막으로는 예를 들어, 규소를 포함하는 규소 함유막을 이용할 수 있다. 규소 함유막으로는 규소막이나, 규소와 크롬, 탄탈, 몰리브덴, 티탄, 하프늄, 텅스텐의 금속을 포함하는 금속 실리사이드막, 나아가 규소막이나 금속 실리사이드막에 산소, 질소, 탄소 중 적어도 하나를 포함하는 막을 들 수 있다.
- [0109] 본 발명에 있어서, 위상 시프트막으로는 예를 들어, 전이 금속 실리사이드 산화물, 전이 금속 실리사이드 질화물, 전이 금속 실리사이드 산질화물, 전이 금속 실리사이드 산화 탄화물, 전이 금속 실리사이드 질화 탄화물 또는 전이 금속 실리사이드 산질화 탄화물을 주성분으로 하는 막을 이용할 수 있다. 위상 시프트막으로는 예를 들어, 몰리브덴계(MoSiON, MoSiN, MoSiO 등), 텅스텐계(WSiON, WSiN, WSiO 등), 실리콘계(SiN, SiON 등) 등의 하프톤막을 이용할 수 있다.
- [0110] 본 발명에 있어서, 위상 시프트막으로는 예를 들어, 주로 노광광의 위상을 제어하는 위상 조정층과, 주로 노광광의 투과율을 제어하는 기능을 갖는 투과율 조정층의 2층으로 이루어지는 하프톤막을 이용할 수 있다.
- [0111] 본 발명에 있어서, 위상 시프트막으로는 예를 들어, 주로 노광광의 위상을 제어하는 위상 조정층과, 주로 노광

광의 투과율을 제어하는 기능을 갖는 투과율 조정층의 2층으로 이루어지는 하프톤막을 이용할 수 있다(일본 공개특허공보 2003-322947호 참조). 여기에서, 투과율 조정층의 재료로는 금속 및 실리콘 중에서 선택되는 1종 또는 2종 이상으로 이루어지는 막, 혹은 그들의 산화물, 질화물, 산질화물, 탄화물 등을 이용할 수 있고, 구체적으로는 알루미늄, 티탄, 바나듐, 크롬, 지르코늄, 니오브, 몰리브덴, 란탄, 탄탈, 텅스텐, 실리콘, 하프늄에서 선택되는 1종 또는 2종 이상의 재료로 이루어지는 막 혹은 이들의 질화물, 산화물, 산질화물, 탄화물 등을 들 수 있다. 또, 위상 조정층으로는 산화 규소, 질화 규소, 산질화 규소 등 규소를 모체로 한 박막이 자외 영역에서의 노광광에 대하여 비교적 높은 투과율을 얻기 쉽다는 점으로부터 바람직하다.

[0112] 본 발명에 있어서, 상기 차광막은 질화 탄탈을 주성분으로 하는 차광층과, 그 차광층의 상면에 적층하는 산화 탄탈을 주성분으로 하는 반사 방지층으로 이루어지는 것이 바람직하다(양태 3).

[0113] 이러한 양태에 의하면, 산소를 포함하지 않는 염소계 가스(실질적으로 산소를 포함하지 않는 염소계 가스, 즉, 드라이 에칭시에 레지스트 등에 영향을 미치지 않을 정도의 양의 산소를 함유하는 염소계 가스를 포함한다.)로 드라이 에칭 가능한 재료로 형성되는 TaN계 차광층과, 그 차광층의 상면에 형성되고, 염소계 가스로 실질적으로 드라이 에칭되지 않고, 불소계 가스로 드라이 에칭 가능한 재료로 형성되는 TaO계 표면 반사 방지층으로 탄탈계 차광막을 구성할 수 있다. 그리고, TaO계 반사 방지층 상에 접하여 형성되는 레지스트 패턴을 마스크로 하여 탄탈계 차광막을 불소계 가스로 드라이 에칭할 때에, 얇은 TaO계 반사 방지층만을 에칭하면 되므로, 탄탈계 차광막(TaN계 차광층/TaO계 반사 방지층)을 불소계 가스로 드라이 에칭 하는 경우에 비하여, 레지스트막 두께를 얇게 할 수 있고, TaO계 반사 방지층의 가공 정밀도의 향상을 도모하는 것이 가능해진다.

[0114] 또, TaO계 반사 방지층 패턴을 마스크로 하여 TaN계 차광층을 산소를 실질적으로 포함하지 않는 염소계 가스로 드라이 에칭할 때에, TaO계 반사 방지층은 염소계 가스로 드라이 에칭되지 않는, 즉 에칭 마스크로서의 기능이 높다. 따라서, TaN계 차광층의 가공 정밀도의 향상을 도모하는 것이 가능해진다.

[0115] 게다가, 탄탈계 차광막(TaN계 차광층/TaO계 반사 방지층)의 패턴은 그 아래에 접하여 형성되는 에칭 마스크막(예를 들어 Cr계 박막층)을 염소계 가스(예를 들어 Cl_2+O_2)를 이용하여 에칭할 때의 에칭 마스크로서의 기능이 높다. 따라서, 에칭 마스크막(예를 들어 Cr계 박막층)의 가공 정밀도의 향상을 도모하는 것이 가능해진다.

[0116] 상기로부터 본 발명은 주차광층과 그 위에 형성되는 반사 방지층이 쌍방 모두 하층에 대한 에칭 마스크층으로서 기능 하는 것, 즉, 2 이상의 에칭 마스크층을 적층한 구조(형태)를 갖는 차광막을 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등을 제공할 수 있다.

[0117] 상기로부터 본 발명은 에칭 마스크층과, 그 위에 형성되는 주차광층과, 그 위에 형성되는 반사 방지층의 3개의 층이 모두 하층에 대한 에칭 마스크층으로서 기능하는 것, 즉, 3층 이상의 에칭 마스크층을 적층한 구조(형태)를 갖는 가공용 차광 기능층을 갖는 것을 특징으로 하는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법 등을 제공할 수 있다.

[0118] 상기에 추가하여, 양태 3에 의하면, 반사 방지층을 Ta 산화막으로 함으로써, MoSiON 등의 반사 방지막에서 문제가 되는 온수나 알칼리에 대한 내성을 향상시킬 수 있다.

[0119] 상기에 추가하여, 양태 3에 의하면, 금속인 Ta계 차광층을 가짐으로써, 반사 방지층에 접하여 형성되는 전자선 레지스트를 전자선 묘화할 때에 차지업(charge up)되지 않을 정도로 도전성을 부여할 수 있다.

[0120] 본 발명에 있어서, 반사 방지층을 형성한 기관의 시트 저항은 $500\Omega/\square$ 이하인 것이 바람직하다.

[0121] 본 발명에 있어서, 상기 차광막은 막두께가 15nm 부터 50nm인 것이 바람직하다(양태 4).

[0122] 상한에 관해서는, 위상 시프트 패턴 형성시의 불소계 가스를 이용한 에칭에 의해 탄탈계 차광막(예를 들어 TaN계 차광층/TaO계 반사 방지층)이 제거 가능한 막두께로 하기 때문이다.

[0123] 하한에 관해서는, 광학 농도의 확보나, 차지업 방지층으로서의 기능을 확보하기 때문이다.

[0124] 본 발명에 있어서, 상기 에칭 마스크막은 크롬, 질화 크롬, 산화 크롬, 질화 산화 크롬, 산화 탄화 질화 크롬 중 어느 하나를 주성분으로 하는 재료로 형성되어 있는 것이 바람직하다(양태 5).

[0125] 이러한 양태에 의하면, 에칭 마스크층을 박막화할 수 있다. 또, 가공 정밀도가 우수하다. 게다가 에칭 마스크막의 상하에 접하여 형성되는 층에 대한 에칭 선택성이 높고, 불필요해진 에칭 마스크막을 기관이나 다른 층에 데미지를 주지 않고 제거 가능하다.

- [0126] 본 발명에 있어서, 상기 에칭 마스크막은 예를 들어, 크롬 단체나, 크롬에 산소, 질소, 탄소, 수소로 이루어지는 원소를 적어도 1종을 포함하는 재료(Cr을 포함하는 재료), 등의 크롬계 재료를 이용할 수 있다.
- [0127] 에칭 마스크층의 막 구조로는, 상기 막 재료로 이루어지는 단층으로 하는 것이 많지만, 복수층 구조로 할 수도 있다. 또, 복수층 구조에서는 상이한 조성으로 단계적으로 형성한 복수층 구조나 연속적으로 조성이 변화한 막 구조로 할 수 있다.
- [0128] 에칭 마스크층의 재료로는, 상기 중에서도 산화 탄화 질화크롬(CrOCN)이 응력의 제어성(저응력막을 형성 가능)의 관점으로부터 바람직하다.
- [0129] 본 발명에 있어서, 상기 에칭 마스크막은 막두께가 5nm 부터 40nm인 것이 바람직하다(양태 6).
- [0130] 이러한 양태에 의하면, 가공 정밀도가 우수하다. 또, 위상 시프트막의 에칭 마스크로서 기능한다.
- [0131] 본 발명에 있어서, 상기 위상 시프트막은 폴리브덴 실리사이드, 폴리브덴 실리사이드의 질화물, 폴리브덴 실리사이드의 산화물, 폴리브덴 실리사이드의 질화 산화물 중 어느 하나를 주성분으로 하는 재료로 형성되어 있는 양태로 할 수 있다(양태 7).
- [0132] 이러한 양태에 의하면, 예를 들어, ArF 노광광에 대한 투과율이 3% ~ 20% 정도의 하프톤 위상 시프트 마스크가 얻어진다.
- [0133] 본 발명에 있어서, 상기 위상 시프트막은 실리콘 산화물 또는 실리콘 산화 질화물을 주성분으로 하는 재료로 형성되는 위상 조정층과, 탄탈 또는 탄탈-하프늄 합금을 주성분으로 하는 투과율 조정층으로 이루어지는 양태로 할 수 있다(양태 8).
- [0134] 이러한 양태에 의하면, 예를 들어, 기판 굴입이 없고, ArF 노광광에 대한 투과율이 20% 이상의 고투과율 타입의 하프톤 위상 시프트 마스크를 얻는 것이 가능해진다.
- [0135] 본 발명의 포토마스크는, 상기 본 발명에 관련된 포토마스크 블랭크를 이용하여 제작된다(양태 9).
- [0136] 이러한 양태에 의하면, 상기 양태 1 ~ 8과 동일한 작용 효과를 갖는 포토마스크가 얻어진다.
- [0137] 본 발명의 포토마스크의 제조 방법은, 상기 본 발명에 관련된 포토마스크 블랭크를 이용하는 포토마스크의 제조 방법으로서,
- [0138] 레지스트막 패턴을 마스크로 하여 상기 차광막의 드라이 에칭을 실시하고, 차광막 패턴을 형성하는 공정과,
- [0139] 상기 차광막 패턴을 마스크로 하여 상기 에칭 마스크막의 드라이 에칭을 실시하고, 에칭 마스크막 패턴을 형성하는 공정과,
- [0140] 에칭 마스크막 패턴을 마스크로 하여 상기 투광성 기판의 드라이 에칭을 실시하고, 소정의 위상차를 발생시키는 굴입 깊이로 상기 투광성 기판의 표면에서부터 파낸 굴입부를 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0141] 이러한 방법에 의하면, 상기 양태 1 ~ 8과 동일한 작용 효과를 갖는 포토마스크가 제조 공정의 좋은 효율로 얻어진다.
- [0142] 본 발명의 다른 포토마스크의 제조 방법은 상기 본 발명에 관련된 포토마스크 블랭크를 이용하는 포토마스크의 제조 방법으로서,
- [0143] 레지스트막 패턴을 마스크로 하여 상기 차광막의 드라이 에칭을 실시하고, 차광막 패턴을 형성하는 공정과,
- [0144] 상기 차광막 패턴을 마스크로 하여 상기 에칭 마스크막의 드라이 에칭을 실시하고, 에칭 마스크막 패턴을 형성하는 공정과,
- [0145] 상기 에칭 마스크막 패턴을 마스크로 하여 상기 위상 시프트막의 드라이 에칭을 실시하고, 위상 시프트막 패턴을 형성하는 공정을 갖는 것을 특징으로 한다.
- [0146] 이와 같은 양태에 의하면, 상기 양태 1 ~ 8과 동일한 작용 효과를 갖는 포토마스크가 제조 공정의 좋은 효율로 얻어진다.
- [0147] 본 발명에 있어서, 크롬계 박막의 드라이 에칭에는 염소계 가스와 산소 가스를 포함한 혼합 가스로 이루어지는 드라이 에칭 가스를 이용하는 것이 바람직하다. 이 이유는, 크롬과 산소, 질소 등의 원소를 포함한 재료로 이루어지는 크롬계 박막에 대해서는, 상기의 드라이 에칭 가스를 이용하여 드라이 에칭을 실시함으로써 드라이 에칭

속도를 높일 수 있고, 드라이 에칭 시간의 단축화를 도모할 수 있고, 단면 형상의 양호한 에칭 마스크막 패턴을 형성 할 수 있기 때문이다. 드라이 에칭 가스에 이용하는 염소계 가스로는, 예를 들어, Cl_2 , SiCl_4 , HCl , CCl_4 , CHCl_3 등을 들 수 있다.

[0148] 본 발명에 있어서, 기관의 굴입이나, 규소를 포함하는 규소 함유막이나, 금속 실리콘사이드계 박막의 드라이 에칭에는 예를 들어, SF_6 , CF_4 , C_2F_6 , CHF_3 등의 불소계 가스, 이들과 He , H_2 , N_2 , Ar , C_2H_4 , O_2 등의 혼합 가스, 혹은 Cl_2 , CH_2Cl_2 등의 염소계의 가스 또는 이들과 He , H_2 , N_2 , Ar , C_2H_4 등의 혼합 가스를 이용할 수 있다.

[0149] 본 발명에 있어서, 레지스트는 화학 증폭형 레지스트인 것이 바람직하다. 고정밀도의 가공에 적절하기 때문이다.

[0150] 본 발명은 레지스트막 두께 200nm 이하, 나아가서는 레지스트막 두께 150nm를 겨냥한 세대의 포토마스크 블랭크에 적용한다.

[0151] 본 발명에 있어서, 레지스트는 전자선 묘화용 레지스트인 것이 바람직하다. 고정밀도의 가공에 적절하기 때문이다.

[0152] 본 발명은 전자선 묘화에 의해 레지스트 패턴을 형성하는 전자선 묘화용 포토마스크 블랭크에 적용한다.

[0153] 본 발명에 있어서, 기관으로는 합성 석영 기관, CaF_2 기관, 소다라임 유리기관, 무알칼리 유리기관, 저열팽창 유리기관, 알루미늄실리케이트 유리기관 등을 들 수 있다.

[0154] 본 발명에 있어서, 포토마스크 블랭크에는 상기의 각종 위상 시프트 마스크 블랭크, 레지스트막 부착 마스크 블랭크가 포함된다.

[0155] 본 발명에 있어서, 포토마스크에는 상기의 각종 위상 시프트 마스크가 포함된다. 포토마스크에는 레티클이 포함된다. 위상 시프트 마스크에는 위상 시프트부가 기관의 굴입에 의해 형성되는 경우를 포함한다.

[0156] 이하, 본 발명의 실시예 및 비교예를 나타낸다. 또한, 각 실시예 중의 차광막이나 에칭 마스크막, 위상 시프트막 등의 각 막은, 성막법으로서 스퍼터링법으로 실시되고, 스퍼터 장치로서 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여 성막되었다. 단, 본 발명을 실시함에 있어서는, 특히 이 성막법이나 성막 장치로 한정되는 것은 아니고, RF 마그네트론 스퍼터 장치 등, 다른 방식의 스퍼터 장치를 사용해도 된다.

[0157] (실시예 1)

[0158] 실시예 1은, 기관에 굴입부를 형성하여 이루어지는 위상 시프트부를 구비하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용되는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

[0159] [포토마스크 블랭크의 제작]

[0160] 도 4A ~ 도 4I를 참조하여, 본 발명의 제 1실시예에 의한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0161] 먼저, 석영으로 이루어지는 기관을 경면 연마하고 소정의 세정을 실시함으로써, 6인치×6인치×0.25인치의 투광성 기관(1)을 얻었다(도 4A).

[0162] 다음으로, 투광성 기관(1) 상에 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여 에칭 마스크막(10)을 형성하였다(도 4A). 구체적으로는, 크롬 타겟을 사용하고, 도입 가스 및 그 유량: $\text{Ar}=18\text{sccm}$, $\text{CO}_2=18\text{sccm}$, $\text{N}_2=10\text{sccm}$, 스퍼터 전력: 1.7kW의 조건으로 CrOCN 을 20nm의 막두께로 형성하였다. 이 때 CrOCN 막의 막응력은 최대한 낮게(바람직하게는 막응력이 실질 제로)되도록 조정하였다.

[0163] 다음으로, 상기에서 에칭 마스크막(10)을 형성한 기관(1)을 DC 마그네트론 스퍼터 장치에 도입한다. 스퍼터 장치 내를 $2 \times 10^{-5}(\text{Pa})$ 이하로 배기시킨 후, 스퍼터 장치 내에 Xe 와 N_2 의 혼합 가스를 도입한다. 이 때, Xe 의 유량은 12.7sccm , N_2 의 유량은 10sccm 으로 조정하였다. 스퍼터링 타겟으로는 Ta 를 이용하였다. 가스의 유량이 안정된 후, DC 전원의 전력을 1.5kW로 설정하고, 에칭 마스크막(10) 상에 두께 24nm의 탄탈 질화층(TaN ; 21)을 성막하였다(도 4A).

[0164] 다음으로, 탄탈 질화층(TaN ; 21)을 성막한 기관(1)을 스퍼터 장치 내에 유지한 채로, 유량 90sccm의 Ar 가스와,

유량 34.7sccm의 O_2 가스를 혼합한 혼합 가스를 스퍼터 장치 내에 도입하고, 계속해서 DC 전원의 전력을 0.7kW로 설정하고, 탄탈 질화층(TaN; 21) 상에 두께 10nm의 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하였다(도 4A).

[0165] 상기와 같이 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)과 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)을 제작하였다.

[0166] 상기와 같이 제작한 차광막(20)의 막면에 있어서의 반사율(표면 반사율)은, ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서 25.7%이었다. 또, ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이었다. AES 분석(오제 전자 분광 분석)을 실시한 바, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 N 함유량은 23원자%이었다. 탄탈 산화층(TaO; 22)의 O 함유량은 65원자%이었다.

[0167] 또한, 탄탈 산화층(TaO; 22)을 형성한 단계에 있어서의 시료에 대하여 시트 저항을 측정한 바, $85\Omega/\square$ 이었다.

[0168] [포토마스크의 제작]

[0169] 도 4A에 나타내는 바와 같이, 상기에서 제작한 블랭크를 이용하고, 먼저, 탄탈 산화층(TaO; 22) 위에 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(50; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 도포하였다.

[0170] 다음으로, 레지스트막(50)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(50a)을 형성하였다(도 4B).

[0171] 다음으로, 레지스트 패턴(50a)을 마스크로 하여 TaN과 TaO를 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈계 막 패턴(20a; 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a))을 형성하였다(도 4C). 이 때, 드라이 에칭 가스로서 CHF_3 를 이용하였다.

[0172] 다음으로, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈계 막 패턴(20a)을 마스크로 하여, 크롬계의 에칭 마스크막(10)의 드라이 에칭을 실시하고, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 형성하였다(도 4D). 이 때, 드라이 에칭 가스로서 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2/O_2=4:1$)를 이용하였다.

[0173] 다음으로, 도 4E에 나타내는 바와 같이, 불필요해진 레지스트 패턴(50a)을 박리하고, 그 후, 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(51; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 다시 도포하였다.

[0174] 다음으로, 레지스트막(51)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(51a)을 형성하였다(도 4F). 여기서, 레지스트 패턴(51a)은 기관의 외주 영역에 차광대를 형성하는 목적이나, 대면적의 차광부 패치, 투과율 제어를 실시하기 위한 제브라 패턴을 형성하는 목적으로 형성된다.

[0175] 다음으로, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 마스크로 하고, 투광성 기관(1)을, CHF_3 가스를 이용하여 드라이 에칭을 실시하고, 기관 굴입 타입의 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)을 얻었다(도 4G). 이 때, ArF 노광광(193nm)에 있어서 180° 의 위상차가 얻어지는 깊이(구체적으로는 170nm의 깊이)로 투광성 기관(1)을 에칭하여 투광성 기관(1)에 굴입부(1a)를 형성하고, 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)을 형성한다. 이 드라이 에칭의 과정에 있어서, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)은 순차 드라이 에칭에 의해 소실되고, 투광성 기관(1)의 에칭 종료시점에서 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 TaO/TaN막은 소실된다(도 4G). 이 이유는, TaO/TaN의 합계 막두께 34nm에 대하여, 투광성 기관(1)의 에칭 깊이 170nm가 충분히 깊고, 에칭 시간이 충분히 길기 때문이다.

[0176] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 에칭 마스크 패턴(10a)을 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2/O_2=4:1$)로 드라이 에칭에 의해 박리한다(도 4H).

[0177] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)을 박리하고(도 4I), 소정의 세정을 실시하여 포토마스크(100)를 얻었다.

[0178] [평가]

[0179] 상기 실시예 1에서 얻어진 포토마스크를 평가하였다.

[0180] 그 결과, 포토마스크 상에 형성되는 기관 굴입 타입의 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)의 해상성에 관해서는, 50nm의 위상 시프트 패턴의 해상이 가능하였다.

- [0181] 이와 동시에, 크롬계의 에칭 마스크막(10)과 탄탈계 막(20)을 적층하여 이루어지는 차광부의 ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이고, 광학 농도 OD=3.0을 확보할 수 있었다.
- [0182] 또한, 이 실시예 1의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 레지스트 패턴(50a)을 에칭 마스크막 패턴(10a)이 형성된 후(도 4D와 도 4E의 프로세스 사이)에 박리하고 있지만, 탄탈계 막 패턴(20a)을 형성하는 에칭이 종료된 후(도 4C와 도 4D의 프로세스 사이)에 박리하도록 해도 된다. 가공 정밀도가 더욱 향상된다.
- [0183] 또, 실시예 1의 도 4G에 나타내는 양태는, 기판 굴입 타입의 위상 시프트 패턴에 크롬계의 차광성 재료로 이루어지는 에칭 마스크 패턴(10a)을 갖는, 이른바 제브라 타입과 닮은 포토마스크가 얻어진다. 단, 이 경우, 크롬계의 차광성 재료로 이루어지는 에칭 마스크 패턴(10a)의 광학 농도는 3 미만이다.
- [0184] (실시예 2)
- [0185] 실시예 2는, 기판에 굴입부를 형성하여 이루어지는 위상 시프트부를 구비하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용되는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다. 제 2 실시예는, 상기 제 1 실시예와 비교하여 탄탈 질화층(TaN; 21)의 성막 조건, 그 막두께, 그 에칭 가스의 점에서 상위하다.
- [0186] [포토마스크 블랭크의 제작]
- [0187] 도 5A ~ 5J를 참조하여, 본 발명의 제 2 실시예에 의한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 대하여 설명한다.
- [0188] 먼저, 석영으로 이루어지는 기판을 경면 연마하고 소정의 세정을 실시함으로써, 6인치×6인치×0.25인치의 투광성 기판(1)을 얻었다(도 5A).
- [0189] 다음으로, 투광성 기판(1) 상에 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여, 에칭 마스크막(10)을 형성하였다(도 5A). 구체적으로는, 크롬 타겟을 사용하고, 도입 가스 및 그 유량:Ar=18sccm, CO₂=18sccm, N₂=10sccm, 스퍼터 전력:1.7kW의 조건으로 CrOCN을 20nm의 막두께로 형성하였다. 이 때 CrOCN막의 막응력은 최대한 낮게(바람직하게는 막응력이 실질 제로)되도록 조정하였다.
- [0190] 다음으로, 상기에서 에칭 마스크막(10)을 형성한 기판(1)을 DC 마그네트론 스퍼터 장치에 도입한다. 스퍼터 장치 내를 2×10^{-5} (Pa) 이하로 배기시킨 후, 스퍼터 장치 내에 Xe와 N₂의 혼합 가스를 도입한다. 이 때, Xe의 유량은 12.9sccm, N₂의 유량은 5sccm으로 조정하였다. 스퍼터링 타겟으로는 Ta를 이용하였다. 가스의 유량이 안정된 후, DC 전원의 전력을 1.5kW로 설정하고, 에칭 마스크막(10) 상에 두께 23nm의 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막하였다(도 5A).
- [0191] 다음으로, 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막한 기판(1)을 스퍼터 장치 내에 유지한 채로, 유량 90sccm의 Ar 가스와 유량 34.7sccm의 O₂ 가스를 혼합한 혼합 가스를 스퍼터 장치 내에 도입하고, 계속해서 DC 전원의 전력을 0.7kW로 설정하고, 탄탈 질화층(TaN; 21) 상에 두께 10nm의 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하였다(도 5A).
- [0192] 상기와 같이 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)과 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)을 제작하였다.
- [0193] 상기와 같이 제작한 차광막(20)의 막면에 있어서의 반사율(표면 반사율)은, ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서 25.3%이었다. 또, ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이었다. AES 분석(오제 전자 분광 분석)을 실시한 바, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 N 함유량은 15원자%이었다. 탄탈 산화층(TaO; 22)의 O 함유량은 65원자%이었다.
- [0194] 또한, 탄탈 산화층(TaO; 22)을 형성한 단계에 있어서의 시료에 대하여 시트 저항을 측정한 바, 90Ω/□이었다.
- [0195] [포토마스크의 제작]
- [0196] 도 5A에 나타내는 바와 같이, 상기에서 제작한 블랭크를 이용하고, 먼저, 탄탈 산화층(TaO; 22) 상에 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(50; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 도포하였다.
- [0197] 다음으로, 레지스트막(50)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(50a)을 형성하였다(도 5B).
- [0198] 다음으로, 에칭 가스로서 CHF₃를 이용하고, 레지스트 패턴(50a)을 마스크로 하여, 탄탈 산화층(TaO; 22)의 드라

이 에칭을 실시하고, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 형성하였다(도 5C).

[0199] 계속해서, 에칭 가스로서 Cl_2 를 이용하고, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 마스크로 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 형성하였다(도 5D).

[0200] 다음으로, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈계 막 패턴(20a; 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a))을 마스크로 하여, 크롬계의 에칭 마스크막(10)의 드라이 에칭을 실시하고, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 형성하였다(도 5E). 드라이 에칭 가스로서 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)를 이용하였다.

[0201] 다음으로, 도 5F에 나타내는 바와 같이, 불필요해진 레지스트 패턴(50a)을 박리하고, 그 후, 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(51; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 다시 도포하였다.

[0202] 다음으로, 레지스트막(51)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(51a)을 형성하였다(도 5G). 여기서, 레지스트 패턴(51a)은 기관의 외주 영역에 차광대를 형성하는 목적이나, 대면적의 차광부 패치, 투과율 제어를 실시하기 위한 제브라 패턴을 형성하는 목적으로 형성된다.

[0203] 다음으로, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a)을 마스크로 하고, 투광성 기관(1)을 CHF_3 가스를 이용하여 드라이 에칭을 실시하고, 기관 굴입 타입의 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)을 얻었다(도 5H). 이 때, ArF 노광광(193nm)에 있어서 180° 의 위상차가 얻어지는 깊이(구체적으로는 170nm의 깊이), 투광성 기관(1)을 에칭하여 투광성 기관(1)에 굴입부(1a)를 형성하고, 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)을 형성한다. 이 드라이 에칭의 과정에 있어서, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)은 순차 드라이 에칭에 의해 소실되고, 투광성 기관(1)의 에칭 종료시점에서 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 TaO/TaN막은 소실된다(도 5H). 이 이유는, TaO/TaN의 합계 막두께 34nm에 대하여, 투광성 기관(1)의 에칭 깊이 170nm가 충분히 깊고, 에칭 시간이 충분히 길기 때문이다.

[0204] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 에칭 마스크 패턴(10a)을 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)로 드라이 에칭에 의해 박리한다(도 5I).

[0205] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)을 박리(도 5J)하고, 소정의 세정을 실시하여 포토마스크(100)를 얻었다.

[0206] [평가]

[0207] 상기 실시예 2에서 얻어진 포토마스크를 평가하였다.

[0208] 그 결과, 포토마스크 상에 형성되는 기관 굴입 타입의 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)의 해상성에 관해서는, 50nm의 위상 시프트막 패턴의 해상이 가능하였다.

[0209] 이와 동시에, 크롬계의 에칭 마스크막(10)과 탄탈계 막(20)을 적층하여 이루어지는 차광막(30) 및 차광막 패턴(30a)의 ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이고, 광학 농도 OD=3.0을 확보할 수 있었다.

[0210] 또한, 이 실시예 2의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 레지스트 패턴(50a)을 에칭 마스크막 패턴(10a)이 형성된 후(도 5E와 5F의 프로세스의 사이)에 박리하고 있지만, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 형성하는 에칭이 종료된 후(도 5C와 5D의 프로세스의 사이)에 박리 하도록 해도 된다. 가공 정밀도가 더욱 향상된다.

[0211] (실시예 3)

[0212] 실시예 3은, 기본적으로 기관을 파내지 않고, 하프톤형 위상 시프트막에 의해 위상 시프트부를 형성하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용되는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

[0213] [포토마스크 블랭크의 제작]

[0214] 도 6A ~ 6I를 참조하여, 본 발명의 제 3실시예에 의한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0215] 먼저, 석영으로 이루어지는 기관을 경면 연마하고 소정의 세정을 실시함으로써, 6인치×6인치×0.25인치의 투광성 기관(1)을 얻었다(도 6A).

[0216] 다음으로, 투광성 기관(1) 상에 몰리브덴(Mo)과 실리콘(Si)의 혼합 타겟(Mo:Si=1:9[원자%])을 이용하여, 아르

곤(Ar)과 질소(N₂)의 혼합 가스 분위기(Ar:N₂=10:90[체적%], 압력 0.3[Pa]) 중에서 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 68[nm]의 MoSiN계의 반투광성의 위상 시프트막(30)을 성막하였다(도 6A). 이 때, 위상 시프트막(30)의 막두께는, ArF 노광광(파장 193nm)에서 180°의 위상차가 얻어지도록 조정하였다. 위상 시프트막(30)의 ArF 노광광(파장 193nm)에 대한 투과율은 6%이었다.

[0217] 다음으로, 위상 시프트막(30) 상에 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여, 에칭 마스크막(10)을 형성하였다(도 6A). 구체적으로는, 크롬 타겟을 사용하고, 도입 가스 및 그 유량:Ar=18sccm, CO₂=18sccm, N₂=10sccm, 스퍼터 전력:1.7kW의 조건으로 CrOCN을 15nm의 막두께로 형성하였다. 이 때 CrOCN막의 막응력은 최대한 낮게(바람직하게는 막응력이 실질 제로)되도록 조정하였다.

[0218] 다음으로, 상기에서 에칭 마스크막(10)을 형성한 기판(1)을 DC 마그네트론 스퍼터 장치에 도입한다. 스퍼터 장치 내를 2×10^{-5} (Pa) 이하로 배기시킨 후, 스퍼터 장치 내에 Xe와 N₂의 혼합 가스를 도입한다. 이 때, Xe의 유량은 12.7sccm, N₂의 유량은 5sccm으로 조정하였다. 스퍼터링 타겟으로는 Ta를 이용하였다. 가스의 유량이 안정된 후, DC 전원의 전력을 1.5kW로 설정하고, 에칭 마스크막(10) 상에 두께 10nm의 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막하였다(도 6A).

[0219] 다음으로, 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막한 기판(1)을 스퍼터 장치 내에 유지한 채로, 유량 90sccm의 Ar 가스와, 유량 34.7sccm의 O₂ 가스를 혼합한 혼합 가스를 스퍼터 장치 내에 도입하고, 계속해서 DC 전원의 전력을 0.7kW로 설정하고, 탄탈 질화층(TaN; 21) 상에 두께 10nm의 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하였다(도 6A).

[0220] 상기와 같이 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)과 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)을 제작하였다.

[0221] 상기와 같이 제작한 차광막(20)의 막면에 있어서의 반사율(표면 반사율)은 ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서 26.2%이었다. 또, ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이었다. AES 분석(오제 전자 분광 분석)을 실시한 바, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 N 함유량은 23원자%이었다. 탄탈 산화층(TaO; 22)의 O 함유량은 65원자%이었다.

[0222] 또한, 탄탈 산화층(TaO; 22)을 형성한 단계에 있어서의 시료에 대하여 시트 저항을 측정한 바, 160Ω/□이었다.

[0223] [포토마스크의 제작]

[0224] 도 6A에 나타내는 바와 같이, 상기에서 제작한 블랭크를 이용하고, 먼저, 탄탈 산화층(TaO; 22) 상에 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(50; PRL009:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 120[nm]가 되도록 도포하였다.

[0225] 다음으로, 레지스트막(50)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(50a)을 형성하였다(도 6B).

[0226] 다음으로, 레지스트 패턴(50a)을 마스크로 하여, TaN과 TaO를 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈계 막 패턴(20a; 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a))을 형성하였다(도 6C). 드라이 에칭 가스로서 CHF₃를 이용하였다.

[0227] 다음으로, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈계 막 패턴(20a)을 마스크로 하여, 크롬계의 에칭 마스크막(10)의 드라이 에칭을 실시하고, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 형성하였다(도 6D). 드라이 에칭 가스로서 Cl₂와 O₂의 혼합 가스(Cl₂:O₂=4:1)를 이용하였다.

[0228] 다음으로, 도 6E에 나타내는 바와 같이, 불필요해진 레지스트 패턴(50a)을 박리하고, 그 후, 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(51; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 다시 도포하였다.

[0229] 다음으로, 레지스트막(51)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(51a)을 형성하였다(도 6F). 이 때, 레지스트 패턴(51a)은 차광막 패턴을 남기는 부분에 형성한다.

[0230] 다음으로, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a)을 마스크로 하고, 위상 시프트막(30)을 2 종류의 불소계 가스를 이용하여 드라이 에칭을 실시하여 위상 시프트막 패턴(위상 시프트부; 30a)을 형성하였다(도 6G). 이 때, 탄탈 산

화층(TaO) 패턴(22a)이 에칭에 의해 소실될 때까지는, CHF₃ 가스와 He 가스의 혼합 가스로 드라이 에칭한다. 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a) 소실 후는, SF₆ 가스와 He 가스의 혼합 가스로 드라이 에칭한다. 드라이 에칭의 과정에 있어서, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21 a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)은 순차 드라이 에칭에 의해 소실되고, 위상 시프트막(30)의 에칭 종료시점에서 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 TaO/TaN막은 소실된다(6(7)). 이 이유는, TaO/TaN의 합계 막두께 20nm에 대하여, MoSiN계 위상 시프트막(30)의 막두께 68nm가 충분히 두껍고, 에칭 시간이 충분히 길기 때문이다.

[0231] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 에칭 마스크 패턴(10a)을 Cl₂와 O₂의 혼합 가스(Cl₂:O₂=4:1)로 드라이 에칭에 의해 박리한다(도 6H).

[0232] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)을 박리하고(도 6I), 소정의 세정을 실시하여 포토마스크(100)를 얻었다.

[0233] [평가]

[0234] 상기 실시예 3에서 얻어진 포토마스크를 평가하였다.

[0235] 그 결과, 포토마스크 상에 형성되는 위상 시프트막 패턴(위상 시프트부; 30a)의 해상성에 관해서는, 40nm의 위상 시프트막 패턴의 해상이 가능하였다.

[0236] 이와 동시에, 크롬계의 에칭 마스크막(10)과 탄탈계 막(20)을 적층하여 이루어지는 차광막(30) 및 차광막 패턴(30a)의 ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이고, 광학 농도 OD=3.0을 확보할 수 있었다.

[0237] 또한, 이 실시예 3의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 레지스트 패턴(50a)을 에칭 마스크막 패턴(10a)이 형성된 후(도 6D와 도 6E의 프로세스의 사이)에 박리하고 있지만, 탄탈계 막 패턴(20a)을 형성하는 에칭이 종료된 후(도 6C와 도 6D의 프로세스의 사이)에 박리하도록 해도 된다. 가공 정밀도가 더욱 향상된다.

[0238] (실시예 4)

[0239] 실시예 4는, 기본적으로 기관을 파내지 않고, 하프톤형 위상 시프트막에 의해 위상 시프트부를 형성하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용되는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다. 제 4 실시예는, 상기 제 3 실시예와 비교하여 탄탈 질화층(TaN; 21)의 막두께, 그 에칭 가스의 점에서 상위하다.

[0240] [포토마스크 블랭크의 제작]

[0241] 도 7A ~ 7J를 참조하여, 본 발명의 제 4 실시예에 의한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0242] 먼저, 석영으로 이루어지는 기관을 경면 연마하고 소정의 세정을 실시함으로써, 6인치×6인치×0.25인치의 투광성 기관(1)을 얻었다(도 7A).

[0243] 다음으로, 투광성 기관(1) 상에 몰리브덴(Mo)과 실리콘(Si)의 혼합 타겟(Mo:Si=1:9[원자%])을 이용하여, 아르곤(Ar)과 질소(N₂)와 산소(O₂)의 혼합 가스 분위기(Ar:N₂:O₂=10:80:10[체적%], 압력 0.3[Pa]) 중에서, 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 89[nm]의 MoSiON계의 반투광성의 위상 시프트막(30)을 성막하였다(도 7A). 이 때, 위상 시프트막(30)의 막두께는 ArF 노광광(파장 193nm)에서 180°의 위상차가 얻어지도록 조정하였다. 위상 시프트막(30)의 ArF 노광광(파장 193nm)에 대한 투과율은 15%이었다.

[0244] 다음으로, 위상 시프트막(30) 상에 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여, 에칭 마스크막(10)을 형성하였다(도 7A). 구체적으로는, 크롬 타겟을 사용하고, 도입 가스 및 그 유량:Ar=18sccm, CO₂=18sccm, N₂=10sccm, 스퍼터 전력:1.7kW의 조건으로 CrOCN을 15nm의 막두께로 형성하였다. 이 때 CrOCN막의 막응력은 최대한 낮게(바람직하게는 막응력이 실질 제로)되도록 조정하였다.

[0245] 다음으로, 상기에서 에칭 마스크막(10)을 형성한 기관(1)을 DC 마그네트론 스퍼터 장치에 도입한다. 스퍼터 장치 내를 2×10^{-5} (Pa) 이하로 배기시킨 후, 스퍼터 장치 내에 Xe와 N₂의 혼합 가스를 도입한다. 이 때, Xe의 유량은 12.7sccm, N₂의 유량은 5sccm으로 조정하였다. 스퍼터링 타겟으로는 Ta를 이용하였다. 가스의 유량이 안정된 후, DC 전원의 전력을 1.5kW로 설정하고, 에칭 마스크막(10) 상에 두께 12nm의 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막하였다(도 7A).

[0246] 다음으로, 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막한 기관(1)을 스퍼터 장치 내로 유지한 채로, 유량 90sccm의 Ar 가스와

유량 34.7sccm의 O_2 가스를 혼합한 혼합 가스를 스퍼터 장치 내에 도입하고, 계속해서 DC 전원의 전력을 0.7kW로 설정하고, 탄탈 질화층(TaN; 21) 상에 두께 10nm의 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하였다(도 7A).

[0247] 상기와 같이 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)과 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)을 제작하였다.

[0248] 상기와 같이 제작한 차광막(20)의 막면에 있어서의 반사율(표면 반사율)은, ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서 26.2%이었다. 또, ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이었다. AES 분석(오제 전자 분광 분석)을 실시한 바, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 N 함유량은 15원자%이었다. 탄탈 산화층(TaO; 22)의 O 함유량은 65원자%이었다.

[0249] 또한, 탄탈 산화층(TaO; 22)을 형성한 단계에 있어서의 시료에 대하여 시트 저항을 측정한 바, $150\Omega/\square$ 이었다.

[0250] [포토마스크의 제작]

[0251] 도 7A에 나타내는 바와 같이, 상기에서 제작한 블랭크를 이용하고, 먼저, 탄탈 산화층(TaO; 22) 상에 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(50; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 도포하였다.

[0252] 다음으로, 레지스트막(50)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(50a)을 형성하였다(도 7B).

[0253] 다음으로, 에칭 가스로서 CHF_3 를 이용하고, 레지스트 패턴(50a)을 마스크로 하여, 탄탈 산화층(TaO; 22)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 형성하였다(도 7C).

[0254] 계속해서, 에칭 가스로서 Cl_2 를 이용하고, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 마스크로 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 형성하였다(도 7D).

[0255] 다음으로, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈계 막 패턴(20a; 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a))을 마스크로 하여, 크롬계의 에칭 마스크막(10)의 드라이 에칭을 실시하고, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 형성하였다(도 7E). 드라이 에칭 가스로서, Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)를 이용하였다.

[0256] 다음으로, 도 7F에 나타내는 바와 같이, 불필요해진 레지스트 패턴(50a)을 박리하고, 그 후, 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(51; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 다시 도포하였다.

[0257] 다음으로, 레지스트막(51)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(51a)을 형성하였다(도 7G). 이 때, 레지스트 패턴(51a)은 차광막 패턴을 남기는 부분에 형성한다.

[0258] 다음으로, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a)을 마스크로 하고, 위상 시프트막(30)을, SF_6 가스를 이용하여 드라이 에칭을 실시하고, 위상 시프트막 패턴(위상 시프트부; 30a)을 형성하였다(도 7H). 이 때, 드라이 에칭의 과정에 있어서, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)은 순차 드라이 에칭에 의해 소실되고, 위상 시프트막(30)의 에칭 종료시점에서 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 TaO/TaN막은 소실된다(도 7H). 이 이유는, TaO/TaN의 합계 막두께 22nm에 대하여, MoSiON계 위상 시프트막(30)의 막두께 89nm가 충분히 두껍고, 에칭 시간이 충분히 길기 때문이다.

[0259] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 에칭 마스크 패턴(10a)을 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)로 드라이 에칭에 의해 박리한다(도 7I).

[0260] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)을 박리하고(도 7 J), 소정의 세정을 실시하여 포토마스크(100)를 얻었다.

[0261] [평가]

[0262] 상기 실시예 4에서 얻어진 포토마스크를 평가하였다.

[0263] 그 결과, 포토마스크 상에 형성되는 위상 시프트막 패턴(위상 시프트부; 30a)의 해상성에 관해서는, 50nm의 위상 시프트막 패턴의 해상이 가능하였다.

[0264] 이와 동시에, 크롬계의 에칭 마스크막(10)과 탄탈계 막(20)을 적층하여 이루어지는 차광막(30) 및 차광막 패턴

(30a)의 ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이고, 광학 농도 OD=3.0을 확보할 수 있었다.

[0265] 또한, 이 실시예 4의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 레지스트 패턴(50a)을 에칭 마스크막 패턴(10a)이 형성된 후(도 7E와 도 7F의 프로세스의 사이)에 박리하고 있지만, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)이 형성하는 에칭이 종료된 후(도 7C와 도 7D의 프로세스의 사이)에 박리하도록 해도 된다. 가공 정밀도가 더욱 향상된다.

[0266] (약액 내성 시험)

[0267] TaO막, TaN막, MoSiON막의 온수 및 알칼리(암모니아과수)에 대한 내성을 조사하였다.

[0268] TaN막은 실시예 1과 동일하게 하여 기판 상에 형성하였다. 구체적으로는 합성 석영 기판 상에 Ta 타겟을 이용하고, Xe의 유량:12.7sccm, N₂의 유량:10sccm, DC 전원의 전력:1.5kW의 조건으로 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 50[nm]의 TaN막을 성막하였다.

[0269] TaO막은 실시예 1과 동일하게 하여 기판 상에 형성하였다. 구체적으로는 합성 석영 기판 상에 Ta타겟을 이용하고, Ar의 유량:90sccm, O₂의 유량:34.7sccm, DC 전원의 전력:0.7kW의 조건으로 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 50[nm]의 TaO막을 성막하였다.

[0270] MoSiON막은 합성 석영 기판 상에 몰리브덴(Mo)과 실리콘(Si)의 혼합 타겟(Mo:Si=1:9[원자%])을 이용하여, 아르곤(Ar)과 질소(N₂)와 산소(O₂)의 혼합 가스 분위기(Ar:N₂:O₂=10:80:10[체적%], 압력 0.3[Pa]) 중에서 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 50[nm]의 MoSiON막을 성막하였다.

[0271] 약액 내성 시험의 조건을 이하에 나타낸다.

[0272] (1) 알칼리(암모니아과수) 내성 시험의 조건

[0273] · 사용 약액:암모니아수(NH₄OH):29% EL그레이트(칸토 화학(주)사 제조)

[0274] 과산화수소수(H₂O₂):30% EL그레이트(칸토 화학(주)사 제조)

[0275] · 약액 혼합비:NH₄OH:H₂O₂:H₂O=1:1:5(체적 비)

[0276] · 처리 시간:상기 약액에서 60min 침지 처리

[0277] (2) 온수 내성 시험의 조건

[0278] · 순수 온도:90℃

[0279] · 처리 시간:60min 침지 처리

[0280] 약액 내성 시험의 결과를 하기 표 1에 나타낸다.

표 1

막 재료	알칼리 침지에 의한 막두께 변화(nm)	온수 침지에 의한 막두께 변화(nm)
MoSiON	-1.4	-7.6
TaN	-0.6	+0.8
TaO	+0.3	-0.5

[0282] (+는 막두께 증가를 의미한다)

[0283] 예를 들어, 특허 문헌 1 및 2에 기재된 MoSi계 차광막(예를 들어 MoSi 주차광층/MoSiON 반사 방지층)에 있어서의 반사 방지층인 MoSiON은 온수, 알칼리 내성이 불충분하여, MoSi계 차광막의 패턴에 단차가 발생한다.

[0284] 본 발명의 실시예에서는 반사 방지층에 Ta 산화물을 이용하고 있고, MoSiON과 비교하여 온수, 알칼리 내성이 우수하다.

[0285] (참고예 1)

[0286] 투광성 기판/MoSi계 하프톤 위상 시프트막/Cr계 차광막/EB 레지스트의 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하는 경우나, 투광성 기판/Cr계 차광막/EB 레지스트의 기판 굴입 타입의 위상 시프트 마스크 형성용의 블랭크를 이용

하는 경우에 있어서는, Cr계 차광막/EB 레지스트의 조합이므로, Cr계 차광막의 에칭 가스인 염소 gas와 산소 gas의 혼합 gas에 의해 EB 레지스트가 어느 정도 에칭되기 때문에, 200nm 이하의 두께에 EB 레지스트를 박막화하는 것은 어렵다.

[0287] 이에 대하여, 본 발명에서는 탄탈계 막/EB 레지스트를 조합함으로써, 탄탈계 막의 에칭 가스인 불소계 gas에 의해 EB 레지스트는 내성을 갖기 때문에, 200nm 이하의 두께에 EB 레지스트를 박막화하는 것이 가능해진다. 이와 동시에, Cr계 에칭 마스크막/탄탈계 막의 구성에 의해, 차광부(차광막)의 광학 농도(OD)를 유지하면서 상기 레지스트의 박막화가 가능해진다.

[0288] (참고예 2)

[0289] 투광성 기판/MoSi계 하프톤 위상 시프트막/Ta계 차광막(예를 들어 TaN/TaO)/EB 레지스트의 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하는 경우나, 투광성 기판/Ta계 차광막(예를 들어 TaN/TaO)/EB 레지스트의 기판 굴입 타입의 위상 시프트 마스크 형성용의 블랭크를 이용하는 경우에 있어서는, Ta계 차광막(예를 들어 TaN/TaO)은 불소계 gas로 에칭되기 때문에, 같은 불소계 gas로 에칭되는 MoSi계 하프톤 위상 시프트막이나 투광성 기판에 대한 에칭 마스크(하드 마스크)로서 기능 하지 않는다.

[0290] 이에 대하여, 본 발명에서는 Cr계 층을 삽입함으로써, MoSi계 하프톤 위상 시프트막이나 투광성 기판에 대한 에칭 마스크(하드 마스크)로서 기능을 부가한다.

[0291] (참고예 3)

[0292] 투광성 기판/MoSi계 하프톤 위상 시프트막/Ta계 차광막(예를 들어 TaHf 또는 TaZr/TaO)/EB 레지스트의 위상 시프트 마스크 블랭크를 이용하는 경우나, 투광성 기판/Ta계 차광막(예를 들어 TaHf 또는 TaZr/TaO)/EB 레지스트의 기판 굴입 타입의 위상 시프트 마스크 형성용 블랭크를 이용하는 경우에 있어서는, Ta에 Hf 혹은 Zr을 첨가함으로써 불소계 gas를 이용한 에칭에 대한 하드 마스크 기능을 부가하고 있지만, TaHf를 제거하는 경우는 MoSi계 하프톤 위상 시프트막이나 QZ 기판에 대한ダメージ를 피할 수 없다.

[0293] 구체적으로는, TaHf를 드라이 에칭으로 제거하는 경우, TaHf 금속은 Cl_2 gas로 에칭할 수 있지만, TaHf 금속은 공기 중에서 산화되기 쉬워 물리 에칭 효과를 강하게 하지 않으면 제거할 수 없다.

[0294] 한편, TaHf를 웨트 에칭으로 제거하는 경우, 불화수소산 혹은 열가성 소다를 이용할 필요가 있고, 투광성 기판 혹은 MoSiON 하프톤막의ダメージ를 피할 수 없다.

[0295] 본 발명에서는, MoSi계 하프톤 위상 시프트막이나 투광성 기판으로부터 위상 시프트 패턴을 제작하는 불소계 gas를 이용한 에칭시에 Ta계 박막을 제거하고, 남은 Cr계 막을 Cl_2+O_2 에 의한 드라이 에칭, 또는 질산제2암모늄세륨 등으로 웨트 에칭할 수 있기 때문에, 위상 시프트 패턴에 대한ダメージ를 회피할 수 있다.

[0296] (실시예 5)

[0297] 실시예 5는 하프톤형 위상 시프트막을 구비하고, 추가로 기판을 파냄으로써 고투과율의 위상 시프트부를 형성하는 타입의 위상 시프트 마스크의 제작에 이용되는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

[0298] [포토마스크 블랭크의 제작]

[0299] 도 8A ~ 8J를 참조하여, 본 발명의 제 5 실시예에 의한 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 대하여 설명한다.

[0300] 먼저, 석영으로 이루어지는 기판을 경면 연마하고 소정의 세정을 실시함으로써, 6인치×6인치×0.25인치의 투광성 기판(1)을 얻었다(도 8A).

[0301] 다음으로, 투광성 기판(1) 상에 몰리브덴(Mo)과 실리콘(Si)의 혼합 타겟(Mo:Si=1:9[원자%])을 이용하여, 아르곤(Ar)과 질소(N_2)의 혼합 가스 분위기(Ar: N_2 =10:90[체적%], 압력 0.3[Pa]) 중에서, 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 30[nm]의 MoSiN계의 반투광성의 위상 시프트막(30)을 성막하였다(도 8A). 이 때, 위상 시프트막(30)의 ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서의 투과율은 20%이며, 고투과율이었다.

[0302] 다음으로, 위상 시프트막(30) 상에 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여, 에칭 마스크막(10)을 형성하였다(도 8A). 구체적으로는, 크롬 타겟을 사용하고, 도입 가스 및 그 유량:Ar=18sccm, CO_2 =18sccm, N_2 =10sccm, 스퍼터

전력:1.7kW의 조건으로 CrOCN을 20nm의 막두께로 형성하였다. 이 때 CrOCN막의 막응력은 최대한 낮게(바람직하게는 막응력이 실질 제로)되도록 조정하였다.

[0303] 다음으로, 상기에서 에칭 마스크막(10)을 형성한 기판(1)을 DC 마그네트론 스퍼터 장치에 도입한다. 스퍼터 장치 내를 2×10^{-5} (Pa) 이하로 배기시킨 후, 스퍼터 장치 내에 Xe와 N₂의 혼합 가스를 도입한다. 이 때, Xe의 유량은 12.9sccm, N₂의 유량은 5sccm으로 조정하였다. 스퍼터링 타겟으로는 Ta를 이용하였다. 가스의 유량이 안정된 후, DC 전원의 전력을 1.5kW로 설정하고, 에칭 마스크막(10) 상에 두께 23nm의 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막하였다(도 8A).

[0304] 다음으로, 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막한 기판(1)을 스퍼터 장치 내로 유지한 채로, 유량 90sccm의 Ar gas와, 유량 34.7sccm의 O₂ 가스를 혼합한 혼합 가스를 스퍼터 장치 내에 도입하고, 계속해서 DC 전원의 전력을 0.7kW로 설정하고, 탄탈 질화층(TaN; 21) 상에 두께 10nm의 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하였다(도 8A).

[0305] 상기와 같이 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)과 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)을 제작하였다.

[0306] 상기와 같이 제작한 차광막(20)의 막면에 있어서의 반사율(표면 반사율)은 ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서 25.3%이었다. 또, ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이었다. AES분석(오제 전자 분광 분석)을 실시한 바, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 N 함유량은 15원자%이었다. 탄탈 산화층(TaO; 22)의 O 함유량은 65원자%이었다.

[0307] 또한, 탄탈 산화층(TaO; 22)을 형성한 단계에 있어서의 시료에 대하여 시트 저항을 측정한 바, 85Ω/□이었다.

[0308] [포토마스크의 제작]

[0309] 도 8A에 나타내는 바와 같이, 상기에서 제작한 블랭크를 이용하고, 먼저, 탄탈 산화층(TaO; 22) 상에 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(50; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 도포하였다.

[0310] 다음으로, 레지스트막(50)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(50a)을 형성하였다(도 8B).

[0311] 다음으로, 에칭 가스로서 CHF₃를 이용하고, 레지스트 패턴(50a)을 마스크로 하여, 탄탈 산화층(TaO; 22)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 형성하였다(도 8C).

[0312] 계속해서, 에칭 가스로서 Cl₂를 이용하고, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 마스크로 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 형성하였다(도 8D).

[0313] 다음으로, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈계 막 패턴(20a; 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a))을 마스크로 하여, 크롬계의 에칭 마스크막(10)의 드라이 에칭을 실시하고, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 형성하였다(도 8E). 드라이 에칭 가스로서 Cl₂와 O₂의 혼합 가스(Cl₂:O₂=4:1)를 이용하였다.

[0314] 다음으로, 도 8F에 나타내는 바와 같이, 불필요해진 레지스트 패턴(50a)을 박리하고, 그 후, 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(51; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 다시 도포하였다.

[0315] 다음으로, 레지스트막(51)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(51a)을 형성하였다(도 8G). 이 때, 레지스트 패턴(51a)은 차광막 패턴을 남기는 부분에 형성한다.

[0316] 다음으로, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a)을 마스크로 하고, 하프톤 위상 시프트막(30), 그리고, 투광성 기판(1)을, CHF₃ 가스를 이용하여 순차 드라이 에칭을 실시하고, 하프톤 위상 시프트막 패턴(30a) 및 투광성 기판(1)에 굴입부(1a)를 각각 형성하고, 위상 시프트 패턴(위상 시프트부)을 얻었다(도 8H). 이 때, 하프톤 위상 시프트막 패턴(30a)과 기판 굴입부(1a)를 합하여 180°의 위상차가 얻어지는 깊이(구체적으로는 96nm의 깊이)로 기판을 파낸다.

[0317] 이 드라이 에칭의 과정에 있어서, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)은 순차 드라이 에칭에 의해 소실되고, QZ 기판의 에칭 종료시점에서 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 TaO/TaN막은 소실된다(도

8H). 이 이유는, TaO/TaN의 합계 막두께 34nm에 대하여, 하프톤 위상 시프트막(30)의 막두께 30nm와 QZ의 에칭 깊이 96nm의 합계가 126nm로 충분히 크고, 에칭 시간이 충분히 길기 때문이다.

[0318] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 에칭 마스크 패턴(10a)을 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)로 드라이 에칭에 의해 박리한다(도 8I).

[0319] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)을 박리하고(도 8J), 소정의 세정을 실시하여 포토마스크(100)를 얻었다.

[0320] [평가]

[0321] 상기 실시예 5에서 얻어진 포토마스크를 평가하였다.

[0322] 그 결과, 포토마스크 상에 형성되는 하프톤형 위상 시프트막을 구비하고, 추가로 기관을 파넴으로써 형성된 고투과율의 위상 시프트부의 해상성에 관해서는, 50nm의 위상 시프트부의 해상이 가능하였다.

[0323] 이와 동시에, 하프톤 위상 시프트막(30), 크롬계의 에칭 마스크막(10), 탄탈계 막(20)을 적층하여 이루어지는 차광부의 ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이고, 광학 농도 OD=3.0을 확보할 수 있었다.

[0324] 또한, 이 실시예 5의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 레지스트 패턴(50a)을 에칭 마스크막 패턴(10a)이 형성된 후(도 8E와 도 8F의 프로세스의 사이)에 박리하고 있지만, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)이 형성하는 에칭이 종료된 후(도 8C와 도 8D의 프로세스의 사이)에 박리하도록 해도 된다. 가공 정밀도가 더욱 향상된다.

[0325] 또, 이 실시예 5의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 에칭 가스로서 CHF_3 를 이용하여 형성하고, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 에칭 가스로서 Cl_2 를 이용하여 형성하고 있지만, 이것 대신에, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)과 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 에칭 가스로서 CHF_3 를 이용하여 연속으로 형성해도 된다.

[0326] (실시예 6)

[0327] 실시예 6은, 기관 굴입이 없는 타입이며, 또한, 고투과율의 하프톤형 위상 시프트막을 구비함으로써 고투과율의 위상 시프트부 막 패턴을 형성하는 위상 시프트 마스크의 제작에 이용되는 포토마스크 블랭크 및 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

[0328] [포토마스크 블랭크의 제작]

[0329] 도 9A에 나타내는 바와 같이, 투광성 기관(1)으로서 사이즈 6인치 모서리, 두께 0.25인치의 합성 석영 기관을 이용하고, 투광성 기관(1) 상에 TaHf로 이루어지는 투과율 조정층(31)과 SiON으로 이루어지는 위상 조정층(32)의 적층막으로 이루어지는 고투과율 타입의 하프톤 위상 시프트막(30)을 형성하였다. 구체적으로는, Ta:Hf=80:20(원자% 비)의 타겟을 이용하고, Ar을 스퍼터링 가스로 하여, 탄탈 및 하프늄으로 이루어지는 막(TaHf막:막 중의 Ta와 Hf의 원자% 비는 약 80:20; 31)을 8nm의 막두께로 형성하고, 다음으로, Si타겟을 이용하고, 아르곤(Ar)과 질소(N_2)와 산소(O_2)의 혼합 가스 분위기($Ar:N_2:O_2=20:57:23$ [체적%]) 중에서, 반응성 스퍼터링을 실시함으로써, 막두께 83[nm]의 SiON(32)을 성막하였다. 이 때, 하프톤 위상 시프트막(30)은, 노광 파장 193nm에 대하여 180° 의 위상차가 얻어지도록, 각 층의 두께를 조정하였다. 하프톤 위상 시프트막(30)의 투과율은, 노광 파장 193nm에 대하여 20%로 고투과율이었다.

[0330] 다음으로, 위상 시프트막(30) 상에 DC 마그네트론 스퍼터 장치를 이용하여, 에칭 마스크막(10)을 형성하였다(도 9A). 구체적으로는, 크롬 타겟을 사용하고, 도입 가스 및 그 유량:Ar=18sccm, CO_2 =18sccm, N_2 =10sccm, 스퍼터 전력:1.7kW의 조건으로 CrOCN을 15nm의 막두께로 형성하였다. 이 때 CrOCN막의 막응력은 최대한 낮게(바람직하게는 막응력이 실질 제로)되도록 조정하였다.

[0331] 다음으로, 상기에서 에칭 마스크막(10)을 형성한 기관(1)을 DC 마그네트론 스퍼터 장치에 도입한다. 스퍼터 장치 내를 2×10^{-5} (Pa) 이하로 배기시킨 후, 스퍼터 장치 내에 Xe와 N_2 의 혼합 가스를 도입한다. 이 때, Xe의 유량은 12.7sccm, N_2 의 유량은 10sccm으로 조정하였다. 스퍼터링 타겟으로는 Ta를 이용하였다. 가스의 유량이 안정된 후, DC 전원의 전력을 1.5kW로 설정하고, 에칭 마스크막(10) 상에 두께 14nm의 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막하였다(도 9A).

[0332] 다음으로, 탄탈 질화층(TaN; 21)을 성막한 기관(1)을 스퍼터 장치 내로 유지한 채로, 유량 90sccm의 Ar 가스와,

유량 34.7sccm의 O_2 가스를 혼합한 혼합 가스를 스퍼터 장치 내에 도입하고, 계속해서 DC 전원의 전력을 0.7kW로 설정하고, 탄탈 질화층(TaN; 21) 상에 두께 10nm의 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하였다(도 9A).

[0333] 상기와 같이 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)과 탄탈 산화층(TaO; 22)을 적층하여 이루어지는 탄탈계 막(20)을 제작하였다.

[0334] 상기와 같이 제작한 차광막(20)의 막면에 있어서의 반사율(표면 반사율)은 ArF 노광광(파장 193nm)에 있어서 25.9%이었다. 또, ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이었다. AES 분석(오제 전자 분광 분석)을 실시한 바, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 N 함유량은 23원자%이었다. 탄탈 산화층(TaO; 22)의 O 함유량은 65원자%이었다.

[0335] 또한, 탄탈 산화층(TaO; 22)을 형성한 단계에 있어서의 시료에 대하여 시트 저항을 측정한 바, $185\Omega/\square$ 이었다.

[0336] [포토마스크의 제작]

[0337] 도 9A에 나타내는 바와 같이, 상기에서 제작한 블랭크를 이용하고, 먼저, 탄탈 산화층(TaO; 22) 상에 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(50; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 도포하였다.

[0338] 다음으로, 레지스트막(50)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하고, 레지스트 패턴(50a)을 형성하였다(도 9B).

[0339] 다음으로, 에칭 가스로서 CHF_3 를 이용하고, 레지스트 패턴(50a)을 마스크로 하여, 탄탈 산화층(TaO; 22)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 형성하였다(도 9C).

[0340] 계속해서, 에칭 가스로서 Cl_2 를 이용하고, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 마스크로 하여, 탄탈 질화층(TaN; 21)의 드라이 에칭을 실시하고, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 형성하였다(도 9D).

[0341] 다음으로, 레지스트 패턴(50a) 및 탄탈계 막 패턴(20a; 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a))을 마스크로 하여 크롬계의 에칭 마스크막(10)의 드라이 에칭을 실시하고, 크롬계의 에칭 마스크막 패턴(10a)을 형성하였다(도 9E). 드라이 에칭 가스로서 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)를 이용하였다.

[0342] 다음으로, 도 9F에 나타내는 바와 같이, 불필요해진 레지스트 패턴(50a)을 박리하고, 그 후, 전자선 묘화(노광)용 화학 증폭형 포지티브 레지스트(51; FEP171:후지필름 일렉트로닉스머티리얼즈사 제조)를 스핀 코트법에 의해 막두께가 150[nm]가 되도록 다시 도포하였다.

[0343] 다음으로, 레지스트막(51)에 대하여, 전자선 묘화 장치를 이용하여 원하는 패턴의 묘화를 실시한 후, 소정의 현상액으로 현상하여 레지스트 패턴(51a)을 형성하였다(도 9G). 이 때, 레지스트 패턴(51a)은, 차광막 패턴을 남기는 부분에 형성한다.

[0344] 다음으로, 에칭 가스로서 불소계 가스(SF_6 와 He의 혼합 가스)를 이용하고, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a)을 마스크로 하여, SiON 위상 조정층(32)의 드라이 에칭을 실시하고, SiON 위상 조정층 패턴(32a)을 형성하였다(도 9H). 이 드라이 에칭의 과정에 있어서, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)/탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)은 순차 불소계 가스에 의한 드라이 에칭에 의해 소실되고, SiON 위상 조정층(32)의 에칭 종료시점에서 레지스트 패턴(51a)이 없는 부분의 TaO/TaN막은 소실된다(도 9H). 이 이유는, TaO/TaN의 합계 막두께 24nm에 대하여, SiON 위상 조정층(32)의 막두께 83nm가 충분히 두껍고, 에칭 시간이 충분히 길기 때문이다.

[0345] 다음으로, 에칭 가스로서 Cl_2 가스를 이용하고, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a) 등을 마스크로 하여, TaHf 투과율 조정층(31)의 드라이 에칭을 실시하고, TaHf 투과율 조정층 패턴(32a)을 형성하였다(도 9I).

[0346] 다음으로, 에칭 가스로서 Cl_2 와 O_2 의 혼합 가스($Cl_2:O_2=4:1$)를 이용하고, 크롬계의 에칭 마스크 패턴(10a)을 제거하였다(도 9J).

[0347] 다음으로, 레지스트 패턴(51a)을 박리하고(도 9K), 소정의 세정을 실시하여, TaHf 투과율 조정층 패턴(32a)과 SiON 위상 조정층 패턴(32a)을 적층한 구조의 위상 시프트막 패턴(위상 시프트부; 30a)을 갖는 포토마스크(100)를 얻었다.

[0348] [평가]

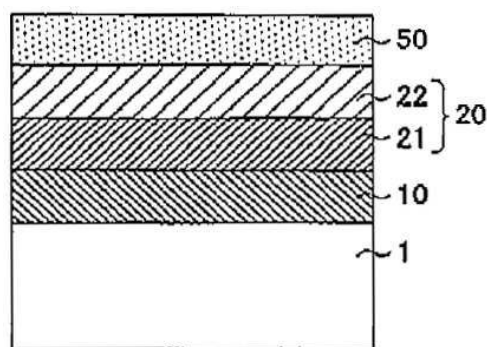
- [0349] 상기 실시예 6에서 얻어진 포토마스크를 평가하였다.
- [0350] 그 결과, 포토마스크 상에 형성되는 위상 시프트막 패턴(위상 시프트부; 30a)의 해상성에 관해서는, 50nm의 위상 시프트막 패턴의 해상이 가능하였다.
- [0351] 이와 동시에, 하프톤 위상 시프트막(30), 크롬계의 에칭 마스크막(10), 탄탈계 막(20)을 적층하여 이루어지는 차광부의 ArF 노광광에 있어서의 광 투과율은 0.1%이고, 광학 농도 OD=3.0을 확보할 수 있었다.
- [0352] 또한, 이 실시예 6의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 레지스트 패턴(50a)을 에칭 마스크막 패턴(10a)이 형성된 후(도 9E와 도 9F의 프로세스의 사이)에 박리하고 있지만, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)이 형성하는 에칭이 종료된 후(도 9C와 도 9D의 프로세스의 사이)에 박리하도록 해도 된다. 가공 정밀도가 더욱 향상된다.
- [0353] 또, 이 실시예 6의 포토마스크의 제작 프로세스에서는, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)을 에칭 가스로서 CHF₃를 이용하여 형성하고, 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 에칭 가스로서 Cl₂를 이용하여 형성하고 있지만, 이것 대신에, 탄탈 산화층(TaO) 패턴(22a)과 탄탈 질화층(TaN) 패턴(21a)을 에칭 가스로서 CHF₃를 이용하여 연속으로 형성해도 된다.
- [0354] 이상, 본 발명을 실시형태나 실시예를 이용하여 설명했지만, 본 발명의 기술적 범위는 상기 실시형태나 실시예에 기재된 범위에는 한정되지 않는다. 상기 실시형태나 실시예에 다양한 변경 또는 개량을 추가하는 것이 가능한 것은, 당업자에게 명백하다. 그와 같은 변경 또는 개량을 추가한 형태도 본 발명의 기술적 범위에 포함될 수 있는 것이 특허 청구의 범위의 기재로부터 명백하다.

도면의 간단한 설명

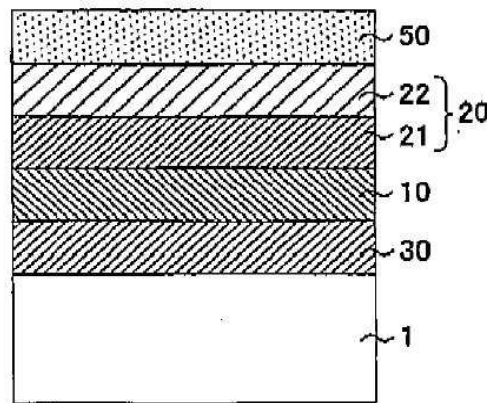
- [0355] 도 1은 본 발명의 제 1 실시형태에 관련된 마스크 블랭크의 일례를 나타내는 모식적 단면이다.
- [0356] 도 2는 본 발명의 제 2, 제 3 실시형태에 관련된 마스크 블랭크의 다른 예를 나타내는 모식적 단면이다.
- [0357] 도 3은 본 발명의 제 4 실시형태에 관련된 마스크 블랭크의 일례를 나타내는 모식적 단면이다.
- [0358] 도 4A ~ 4I는 본 발명의 실시예 1에 관련된 마스크의 제조 공정을 설명하기 위한 모식적 단면이다.
- [0359] 도 5A ~ 5J는 본 발명의 실시예 2에 관련된 마스크의 제조 공정을 설명하기 위한 모식적 단면이다.
- [0360] 도 6A ~ 6I는 본 발명의 실시예 3에 관련된 마스크의 제조 공정을 설명하기 위한 모식적 단면이다.
- [0361] 도 7A ~ 7J는 본 발명의 실시예 4에 관련된 마스크의 제조 공정을 설명하기 위한 모식적 단면이다.
- [0362] 도 8A ~ 8J는 본 발명의 실시예 5에 관련된 마스크의 제조 공정을 설명하기 위한 모식적 단면이다.
- [0363] 도 9A ~ 9K는 본 발명의 실시예 6에 관련된 마스크의 제조 공정을 설명하기 위한 모식적 단면이다.

도면

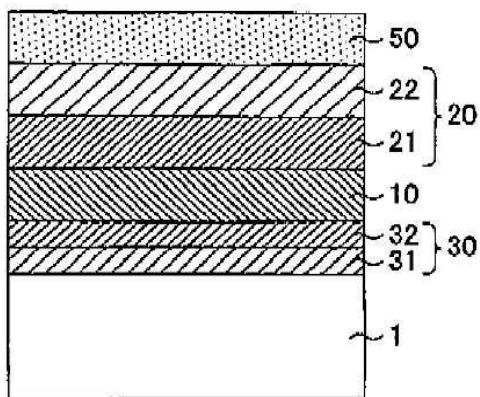
도면1



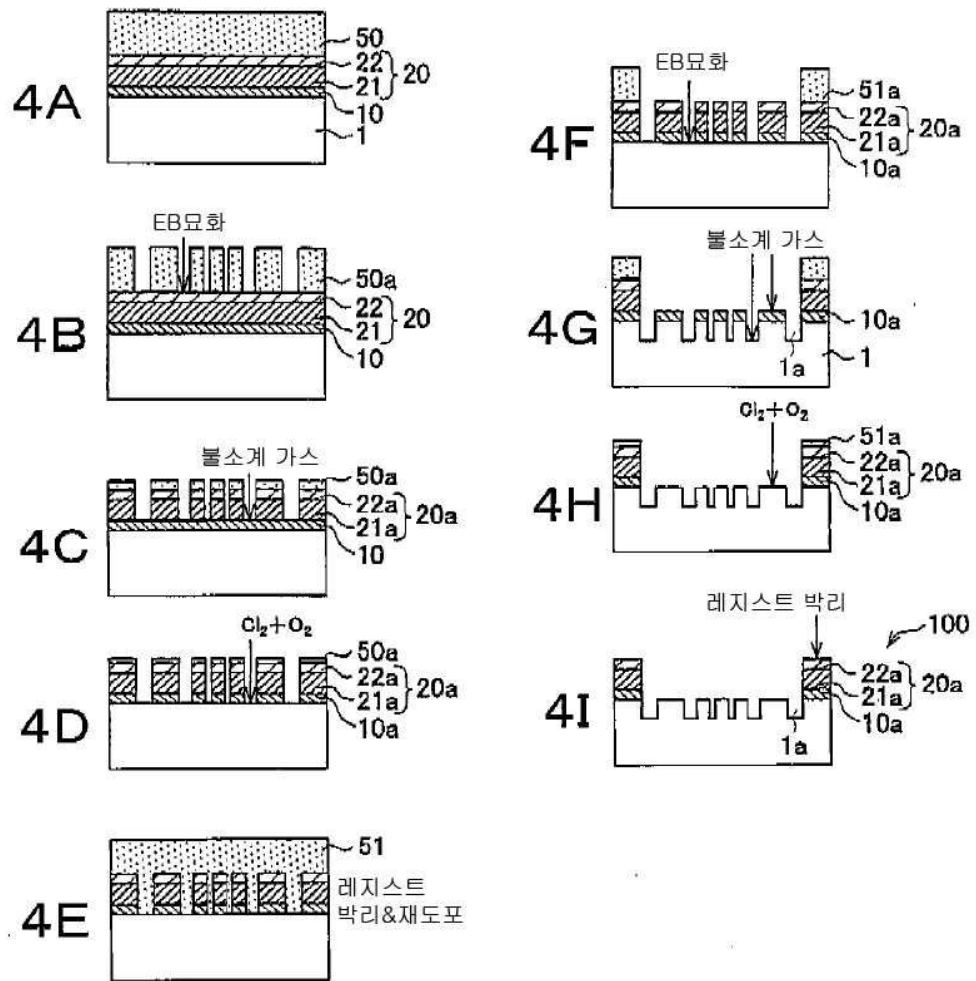
도면2



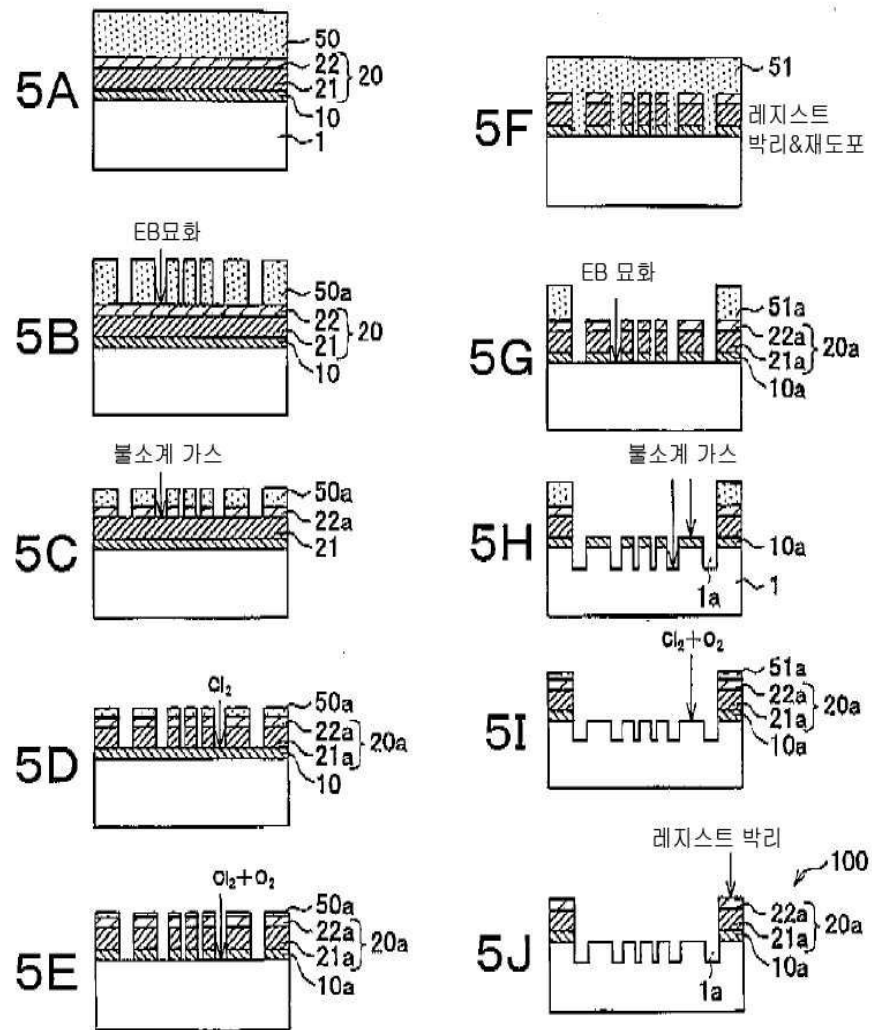
도면3



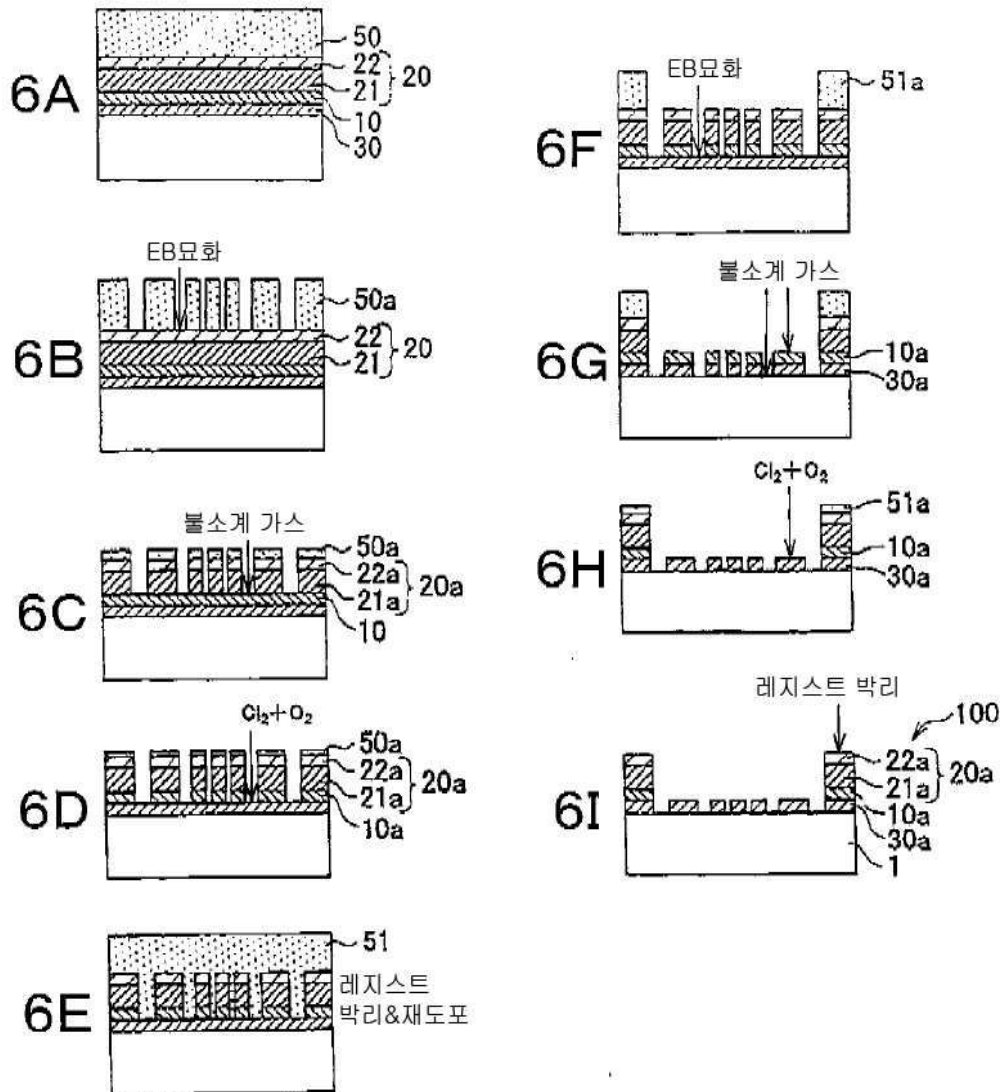
도면4



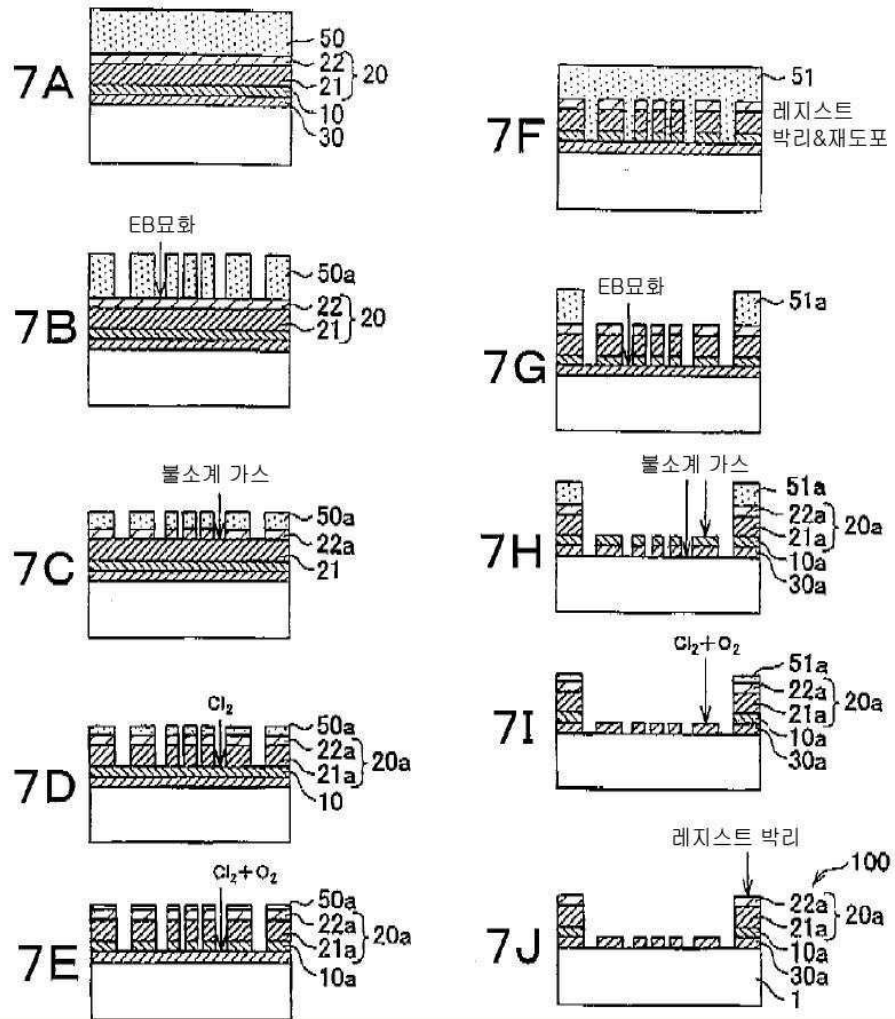
도면5



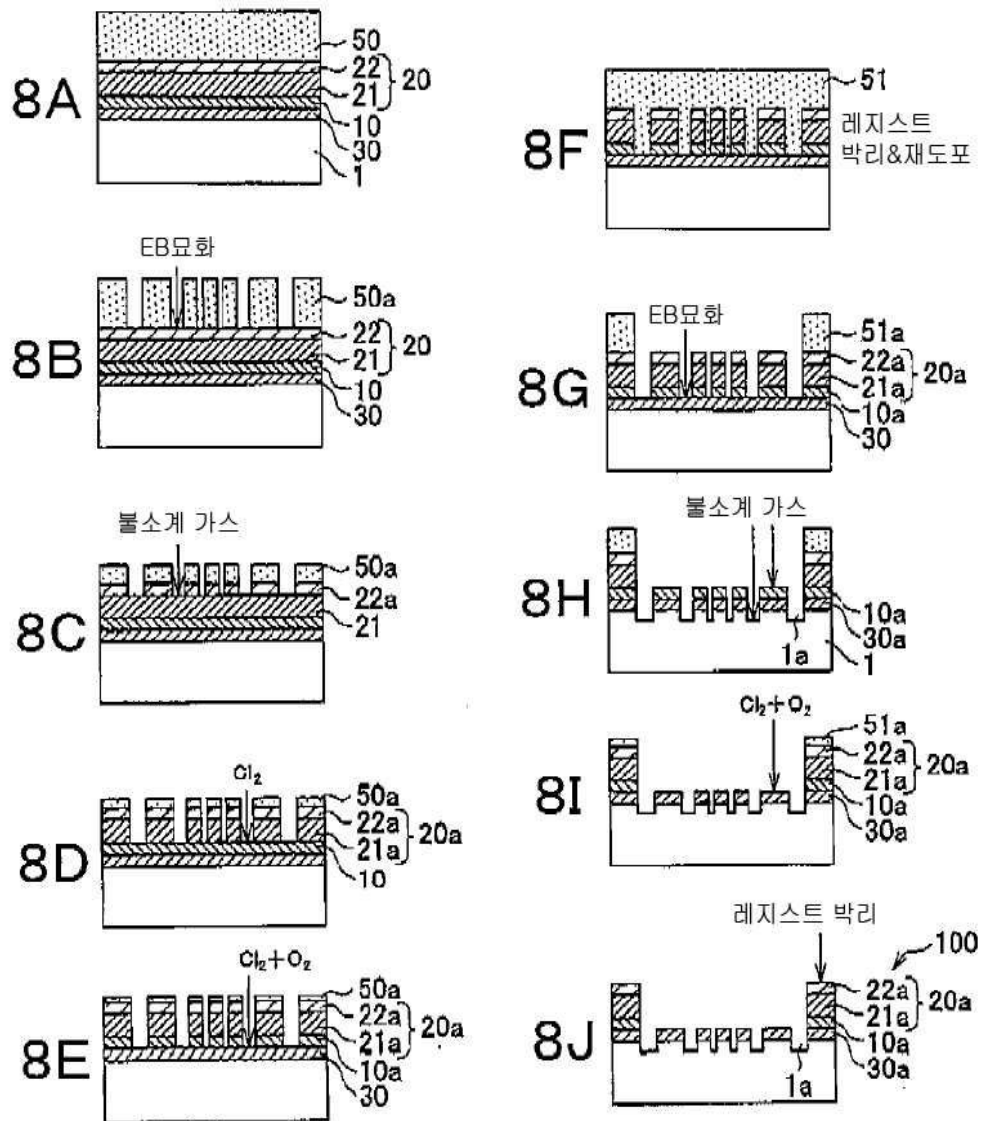
도면6



도면7



도면8



도면9

