



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월25일
 (11) 등록번호 10-1624436
 (24) 등록일자 2016년05월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 G03F 1/32 (2012.01) G03F 1/54 (2012.01)
- (21) 출원번호 10-2014-7016458
- (22) 출원일자(국제) 2012년12월21일
 심사청구일자 2014년07월15일
- (85) 번역문제출일자 2014년06월17일
- (65) 공개번호 10-2014-0107265
- (43) 공개일자 2014년09월04일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2012/083342
- (87) 국제공개번호 WO 2013/094756
 국제공개일자 2013년06월27일
- (30) 우선권주장
 JP-P-2011-280525 2011년12월21일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
 JP2010271572 A*
 KR1020060050099 A*
 JP2008304942 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
 다이니폰 인사츠 가부시카가이샤
 일본 도쿄도 신주쿠구 이치가야 가가쵸 1쵸메1반 1고
- (72) 발명자
 기노시타 가즈키
 일본 1628001 도쿄도 신주쿠구 이치가야 가가쵸 1쵸메 1반 1고 다이니폰 인사츠 가부시카가이샤 내
- 도비타 아츠시
 일본 1628001 도쿄도 신주쿠구 이치가야 가가쵸 1쵸메 1반 1고 다이니폰 인사츠 가부시카가이샤 내
- 니시마 사토루
 일본 1628001 도쿄도 신주쿠구 이치가야 가가쵸 1쵸메 1반 1고 다이니폰 인사츠 가부시카가이샤 내
- (74) 대리인
 양영준, 김명곤

전체 청구항 수 : 총 4 항

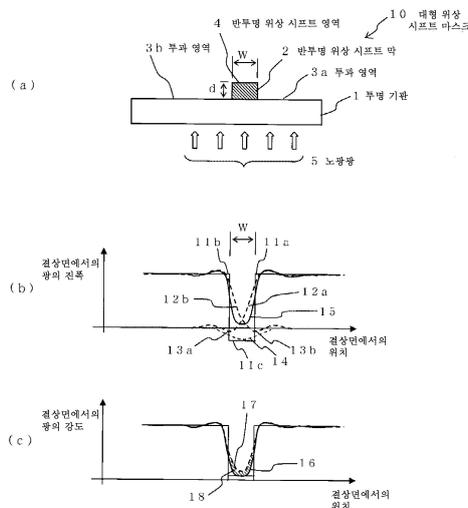
심사관 : 조승현

(54) 발명의 명칭 대형 위상 시프트 마스크 및 대형 위상 시프트 마스크의 제조 방법

(57) 요약

액정 패널이나 EL 패널의 제조에 사용되는 대형의 포토마스크에 있어서, 미세한 패턴을 형성하기에 적합한 반투명 위상 시프트 마스크의 구성 및 그 제조 방법을 제공한다. 또한, 반투명 위상 시프트 마스크를 사용하여 패턴을 노광했을 경우에 발생하는 사이드 피크의 발생을 억제하는 구성을 제공한다. 투명 기관 상에 형성된 반투명 위상 시프트 영역의 양측에, 투과 영역이 인접하여 배치된 패턴에 있어서, 반투명 위상 시프트 영역의 광투과율은 4%에서 30%의 범위로 하고, 폭을 1 μ m에서 5 μ m의 범위로 함으로써, 노광 강도 분포의 콘트라스트를 개선함과 함께, 사이드 피크의 발생을 억제하는 구성으로 하였다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

투명 기관과, 상기 투명 기관 상에 형성된 반투명한 반투명 위상 시프트막을 갖고, 상기 투명 기관이 노출된 투과 영역과, 상기 투명 기관 상에 상기 위상 시프트막만이 설치된 반투명 위상 시프트 영역을 갖고, 상기 투과 영역과 상기 반투명 위상 시프트 영역이 인접하여 배치된 마스크 패턴을 갖고, 상기 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 노광광은, 상기 투과 영역을 투과한 노광광에 대하여 위상이 반전하고, 상기 투과 영역의 노광광의 투과율을 100%로 했을 때, 상기 반투명 위상 시프트 영역의 노광광에서의 투과율은 4%에서 30%의 범위의 값이고,

상기 투명 기관 상에 형성된 차광막 및 상기 차광막을 덮도록 형성된 반투명한 제2 반투명 위상 시프트막을 갖고, 상기 차광막 및 상기 제2 반투명 위상 시프트막이 적층되어서 설치된 차광 영역, 및 상기 차광 영역 및 상기 투과 영역 사이에 설치되고, 상기 제2 반투명 위상 시프트막만이 설치된 제2 반투명 위상 시프트 영역이 배치된 마스크 패턴을 갖고, 상기 제2 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 노광광은, 상기 투과 영역을 투과한 노광광에 대하여 위상이 반전하며,

상기 차광 영역의 상기 차광막 및 상기 제2 반투명 위상 시프트막 사이에 형성된 반사 방지막을 갖는, 대형 위상 시프트 마스크.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 반투명 위상 시프트 영역의 양측에 상기 투과 영역이 인접하여 배치된 패턴을 갖고, 상기 반투명 위상 시프트 영역의 폭은 1 μ m에서 5 μ m의 범위의 폭인, 대형 위상 시프트 마스크.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 반투명 위상 시프트막은 크롬 및 크롬 화합물을 포함하는 단층 또는 2층의 구성인, 대형 위상 시프트 마스크.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 반투명 위상 시프트막의 두께는 0.1 μ m에서 0.14 μ m의 범위의 두께인, 대형 위상 시프트 마스크.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 포토마스크에 관한 것으로, 특히 액정 표시 장치, EL 표시 장치 등의 액티브 매트릭스형 표시 장치의 제조에 사용되는 대형의 포토마스크 및 대형의 포토마스크의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 플랫 패널 디스플레이(FPD로 약기)의 제조에 사용되는 포토마스크의 사양의 변화는, 액정 표시 장치(LCD로

약기)를 사용한 박형 텔레비전에 보이는 대형 화면화와 고정밀화로 대표된다. 대형 화면화에 대해서는 액정의 박형 텔레비전의 양산이 시작된 1990년경의 제조에 사용된 제1 세대라고 불리는 유리 기관의 크기는 300mm×400mm이었지만, 2002년경 제조에 사용되기 시작한 제5 세대의 유리 기관의 크기는 1100mm×1300mm이며, 2006년경 제조에 사용되기 시작한 제8 세대의 유리 기관의 크기는 2140mm×2460mm에까지 달하고 있다.

[0003] 액정 표시 장치의 고정밀화는, 당초 퍼스널 컴퓨터용 디스플레이로 고화소화가 진행하였다. VGA 디스플레이는 640×480화소이었지만, XGA 디스플레이는 1024×768화소, SXGA 디스플레이에서는 1280×1024화소, UXGA 디스플레이는 1600×1200화소가 되었다. 이들 고화소화에 수반하여, 화소 피치도 0.33mm로부터, 0.24mm, 0.20mm로 미세화가 진행하였다. 또한, 스마트 폰 등에서는 4.5형으로 1280×720화소이며, 화소 피치는 0.077mm(329ppi)까지 달하고 있다. 또, 하이비전(HDTV)은 1920×1080화소인데, 또한 화소를 보간하여 4배의 화소수의 3840×2160 화소(4K 액정 패널이라고 함)로 하는 디스플레이도 있다.

[0004] 상기와 같은 액정 표시 장치를 제조하는 노광 장치나, 노광 장치에 사용되는 포토마스크에 대해서, 이하에서 설명한다. 대표적인 액정 표시 장치인 컬러 TFT(Thin Film Transistor) 액정 표시 장치의 셀은, 따로따로 제조된 컬러 필터와 TFT 어레이 기관의 사이에 액정을 봉입하여 조립된다. 또한, 액정 표시 셀에, 영상 신호를 TFT의 구동 신호로 변환하여 공급하는 주변 구동 회로와 백라이트를 내장하여, 액정 표시 모듈이 완성된다.

[0005] TFT 어레이 기관 제조 공정의 각 공정에서 사용되는 패턴의 형성은, 배율이 1대1인 등배의 대형 마스크를 사용하여 등배의 투영형 노광 장치(프로젝션 노광 장치라고도 함)로 노광된다. 현재, 이 대형 마스크를 사용한 등배의 투영 노광 방식이, 생산성 높고 고정밀도로 TFT 어레이 기관을 패턴 형성하는 표준적인 제조 방법이 되어 있다. 또한, 컬러 필터의 패턴 형성에서는, 비용적으로 유리한 프록시미티 노광 방식이 표준적인 제조 방법이다. 프록시미티 노광은, 마스크와 노광 대상을 몇십 μ m 내지 100 μ m 정도의 간극으로 근접하여 배치하고, 마스크의 후방으로부터 평행광을 조사하는 노광 방식이다.

[0006] TFT 어레이 기관용의 대형 마스크는, 당초 350mm×350mm의 크기로 시작되었지만, TFT 어레이 기관의 제조에 사용되는 등배의 투영형 노광 장치의 대형화에 따라 대형화해 왔다. TFT 어레이 기관의 제조에 사용되는 등배의 투영형 노광 장치에는, 마스크의 패턴을 위크에 투영 노광하는 데도 미러계를 사용하는 미러 프로젝션 노광 방식과, 렌즈계를 사용하는 렌즈 프로젝션 노광 방식의 2가지가 있다. 각각의 노광 장치의 사양에 의해, 사용하는 대형 마스크의 크기가 상이하고, 제5 세대의 유리 기관에 대하여 미러 프로젝션 노광 방식에서는 520mm×610mm의 크기의 대형 마스크를 사용하고, 렌즈 프로젝션 노광 방식에서는 800mm×920mm의 크기의 대형 마스크를 사용하고 있다. 또한, 제8 세대의 유리 기관에 대하여 미러 프로젝션 노광 방식에서는 850mm×1400mm 크기의 대형 마스크를 사용하고, 렌즈 프로젝션 노광 방식에서는 1220mm×1400mm 크기의 대형 마스크를 사용하고 있다. 본원에서는, 1번이 350mm 이상인 포토마스크를 대형 마스크로 하고 있다.

[0007] 통상의 반도체용 마스크(6인치 레티클)의 대각선 길이는 약 215mm인 것에 반해, 상기의 대형 마스크의 대각선 길이는, 제1 세대의 마스크에서는 495mm, 제5 세대의 미러 프로젝션 노광 방식에서는 약 801mm이며, 제8 세대의 렌즈 프로젝션 노광 방식용 대형 마스크에서는 1856mm까지 대형화하고 있다.

[0008] 상기한 바와 같이 TFT 어레이 기관의 패턴 형성에 사용되는 대형 마스크는, 반도체 웨이퍼용의 마스크에 대하여 대각선 길이의 비로 2.3배에서 8.6배의 크기이다. 또한, 묘화 시간, 검사 시간 등의 제조 비용에 직접 관계하는 면적비에서는, 4.4배에서 72배이다. 이러한 대사이즈인 것에 기인하는 비용적인 요구로부터, 대형 마스크는 종래 바이너리 마스크이며, 층 구성은 석영 유리에 적층된 크롬을 주성분으로 하는 차광막과, 차광막에 적층된 산화크롬 또는 산화질화크롬을 주성분으로 하는 반사 방지막의 2층으로 구성된다. 또한, 대형의 바이너리 마스크의 차광막은, 노광 파장에서의 투과율이 0.1% 이하이고, 반사 방지막은, 반사율이 30% 이하의 성능이 요구된다.

[0009] 이상에서 설명한 바와 같이, TFT 어레이 기관은 대형화하는 한편, 최근 들어서 패턴의 미세화가 요구되어 왔다. 즉, 노광 장치의 해상 한계에 가까운 미세한 패턴을, 노광 영역 전체에서 균일하게 결상하는 것이 요구되고 있다. 특히 TFT 어레이 기관의 게이트 전극 및 소스 드레인 전극, 콘택트 홀용의 포토마스크는, 패턴의 미세화가 요구되고 있다. 그러나, 액정 패널의 제조에 사용되는 대형의 투영 노광 장치의 렌즈계는 개구수가 0.1 정도로 작고, 해상도도 3.0 μ m가 한계이며 미세한 패턴의 형성에는 한계가 있었다.

[0010] 노광 장치의 해상 한계 이하가 미세한 라인 앤 스페이스(L/S) 패턴이 형성된 바이너리형의 포토마스크를 사용하여 레지스트에 노광하면, 결상면에서, 포토마스크상의 라인(차광)의 부분과 스페이스(투과)의 부분에 대응한 노광 강도의 진폭이 작아져, 스페이스(투과)부에 대응한 부분의 노광량이 레지스트의 감도의 임계값에 달하지 않

고, 결과적으로 레지스트를 현상해도 패턴이 형성되지 않는다.

- [0011] 이와 같은 과제에 대한 종래 기술에 의한 해결 방법의 하나로서, 특허문헌 1(일본 특허 공개 제2009-4242753호 공보)에는, 그레이톤 마스크를 사용하는 방법이 제안되어 있다. 특허문헌 1에 기재된 도 1을 인용한 도 7 및, 도 7을 설명하기 위하여 추가한, 노광광량 분포를 모델적으로 도시한 도 8을 사용하여 설명한다.
- [0012] 도 7a에 예시한 바와 같이, 종래 기술에서 예시된 포토마스크(70)는 투명 기관(71) 상에 미세 패턴을 갖지 않는 차광막(72)에 의한 차광부(74), 미세 패턴을 갖지 않는 반투광 막(73)에 의한 반투광부(75), 반투광 막(73)에 의한 미세 패턴부(76)(투광부와 반투광 막(73)에 의한 반투광부로 구성됨), 투광부(77)(투명 기관(71)이 노출)의 4개의 영역을 형성하고 있다.
- [0013] 전술한, 종래 기술에서 예시된 포토마스크(70)를 노광광(5)을 사용하여 노광하고, 피전사체(80) 상의 포지티브의 포토레지스트막(83)에 패턴을 전사하면, 도 7b에 도시한 바와 같이, 피전사체(80) 상에 현상 후의 후막의 잔막 영역(83a), 박막의 잔막 영역(83b), 상기 포토마스크(70) 상의 미세 패턴부(76)에 대응한 미세 패턴 영역(83c) 및 실질적으로 잔막이 없는 영역(83d)을 포함하는 전사 패턴(레지스트 패턴)이 형성된다. 또한, 도 7 중의 부호 82a, 82b는, 피전사체(80)에 있어서 기관(81) 상에 적층된 막을 나타낸다.
- [0014] 도 8에, 반투과막의 미세 패턴(76)의 효과를 도시하여 설명한다. 즉, 일반의 바이너리 마스크와 같이 차광막으로 미세 패턴을 형성한 경우의 노광광량의 분포 형상(84c)은 패턴이 미세하여 해상하지 않기 때문에, 투광부에 대응한 노광량의 피크의 부분에서도 포지티브 레지스트가 빠지는 노광량(85)에 달하지 않고, 패턴을 형성하지 않는다(도 8b). 이에 비해, 반투과막의 미세 패턴(76)을 갖는 포토마스크(70)를 사용하여 노광하여 전사할 경우, 노광량의 투과 광량은, 일반의 바이너리 마스크의 차광막에 의한 미세 패턴부의 노광광량의 투과 광량보다 커진다. 이로 인해, 반투과막으로 미세 패턴을 형성한 경우의 노광광량의 분포 형상(83c)은 투광부에 대응한 노광량의 피크의 부분에서 포지티브 레지스트가 빠지는 노광량(85)에 달하고, 미세한 패턴에서도 충분한 노광량을 얻어서 레지스트 위에 패턴(83c)을 형성 가능하게 하고 있다(도 8a).
- [0015] 한편, 이러한 종래 기술의 포토마스크(70)를 사용하여, 반투광 막(73)의 미세 패턴(76)을 노광에 의해 전사할 때, 노광량의 투과 광량은, 일반의 바이너리 마스크의 차광막에 의한 차광 패턴부의 노광광량의 투과 광량보다 커지고, 노광광량 분포의 콘트라스트가 저하한다. 이로 인해, 반투과막에 의한 미세 패턴부(76)를 전사했을 경우의 피전사체 상의 미세 패턴 영역(83c)의 레지스트 잔막값이, 통상의 차광막 패턴을 전사했을 경우에 대응한 후막 잔막 영역(83a)의 레지스트 잔막값보다 작아진다. 이로 인해, 그 후의 피전사체의 에칭 프로세스를 적절하게 행하기 위해서, 노광량을 조정하는 동시에, 노광 후의 포토레지스트의 현상 프로세스에 있어서의 조건을 미묘하게 조정하고, 미세 패턴 영역(83c)의 레지스트 잔막값을 적절하게 조절할 필요가 있고, 노광 전사 공정을 어렵게 하는 요인이 된다. 이상에서는 포지티브형 포토레지스트를 예로 들어 설명하고 있지만, 네가티브형 포토레지스트의 경우도 마찬가지로, 노광 현상 조건이 미묘한 조정이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2009-42753호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0017] 상술한 바와 같이, 액정 표시 장치로 대표되는 플랫 디스플레이의 제조에 사용되는 포토마스크는 대형화가 진행되고 있지만, 다른 한편, 플랫 디스플레이의 표시 화소 피치의 미세화가 진행되고, 포토마스크의 전사 패턴의 미세화에의 요구도 강해지고 있다.

- [0018] 본 발명의 과제는, 액정 표시 패널의 제조에 사용되는 대형의 투영 노광 장치에 의해 피전사체에 패턴을 전사할 때에 결상면에서의 미세한 패턴의 노광광량 분포의 콘트라스트를 높여서 전사하는, 대형 포토마스크에 적합한 구성의 위상 시프트 마스크를 제공함과 함께, 그 제조 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0019] (제1 수단)
- [0020] 본 발명의 제1 수단은, 투명 기관과, 상기 투명 기관 상에 형성된 반투명한 반투명 위상 시프트막(이하, 간단히 위상 시프트막이라고 칭하여 설명하는 경우가 있음)을 갖고, 상기 투명 기관이 노출된 투과 영역과, 상기 투명 기관 상에 상기 위상 시프트막만이 설치된 반투명 위상 시프트 영역(이하, 간단히 위상 시프트 영역이라고 칭하여 설명하는 경우가 있음)을 갖고, 상기 투과 영역과 상기 반투명 위상 시프트 영역이 인접하여 배치된 마스크 패턴을 갖고, 상기 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 노광광은, 상기 투과 영역을 투과한 노광광에 대하여 위상이 반전하고, 상기 투과 영역의 노광광의 투과율을 100%로 했을 때, 상기 반투명 위상 시프트 영역의 노광광에서의 투과율은 4%에서 30%의 범위의 값인, 대형 위상 시프트 마스크(이하, 간단히 위상 시프트 마스크라고 칭하여 설명하는 경우가 있음)이다.
- [0021] 상기 제1 수단의 구성의 위상 시프트 마스크를 사용함으로써 미세 패턴에 대하여 노광 패턴의 콘트라스트를 높인 대형의 마스크를 용이하게 제작할 수 있다. 또한 상기 반투명 위상 시프트 영역의 노광광의 투과율이 4%보다 작으면 위상 시프트에 의해 콘트라스트를 높이는 효과가 적고, 상기 반투명 위상 시프트 영역의 노광광의 투과율이 30%보다 크면 차광 기능이 불충분해져 반투명 위상 시프트 영역 전체의 레지스트가 감광할 가능성이 발생한다.
- [0022] (제2 수단)
- [0023] 본 발명의 제2 수단은, 상기 반투명 위상 시프트 영역의 양측에 상기 투과 영역이 인접하여 배치된 패턴을 갖고, 상기 반투명 위상 시프트 영역의 폭은 1 μ m에서 5 μ m의 범위의 폭인, 제1 수단에 기재된 대형 위상 시프트 마스크이다.
- [0024] 제2 수단에 의하면, 대형 위상 시프트 마스크에 있어서 현저한 사이드 피크의 발생을 방지하고, 감광성 레지스트에 마스크 패턴을 노광 현상했을 때에 포지티브 레지스트 표면에 오목부가 발생하거나, 제거되어야 할 네가티브 레지스트가 가공 기관의 표면에 얇게 남거나 하는 것을 방지할 수 있다.
- [0025] (제3 수단)
- [0026] 본 발명의 제3 수단은, 상기 반투명 위상 시프트막은 크롬 및 크롬 화합물을 포함하는 단층 또는 2층의 구성인, 제1 수단 또는 제2 수단 중 어느 하나에 기재된 대형 위상 시프트 마스크이다.
- [0027] 제3 수단에 의하면, 반투명 위상 시프트막을 크롬 및 크롬 화합물로 구성함으로써, 반투명 위상 시프트막의 패턴 형성을 습식 에칭으로 행할 수 있으므로, 대형의 위상 시프트 마스크의 제조 비용을 억제하는 효과가 크다.
- [0028] (제4 수단)
- [0029] 본 발명의 제4 수단은, 상기 반투명 위상 시프트막의 두께는 0.1 μ m에서 0.14 μ m의 범위의 두께인, 제1 수단 또는 제3 수단 중 어느 하나에 기재된 대형 위상 시프트 마스크이다.
- [0030] 제4 수단에 의하면, 대형 마스크를 사용하여 액정 표시 장치용의 노광 장치로 노광할 때의 광원인, 초고압 수은 등의 g선, h선, i선에 대하여 상기 두께의 위상 시프트막을 투과시킴으로써, 투과 영역을 투과한 광에 대하여 위상을 반전하고, 결상면에서 노광 패턴의 콘트라스트를 높이는 위상 시프트의 효과가 양호하게 얻어진다.
- [0031] (제5 수단)
- [0032] 본 발명의 제5 수단은, 상기 투명 기관 상에 형성된 차광막 및 상기 차광막을 덮도록 형성된 반투명한 제2 반투명 위상 시프트막을 갖고, 상기 차광막 및 상기 제2 반투명 위상 시프트막이 적층되어서 설치된 차광 영역, 및 상기 차광 영역 및 상기 투과 영역 사이에 설치되고, 상기 제2 반투명 위상 시프트막만이 설치된 제2 반투명 위상 시프트 영역이 배치된 마스크 패턴을 갖고, 상기 제2 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 노광광은, 상기 투과 영역을 투과한 노광광에 대하여 위상이 반전하는, 제1 수단 또는 제4 수단 중 어느 하나에 기재된 대형 위상 시프트 마스크이다.
- [0033] 제5 수단에 의하면, 투과 영역, 반투명 위상 시프트 영역 외에, 차광 영역 및 제2 반투명 위상 시프트 영역이 배치된 마스크 패턴을 가짐으로써, 다양한 폭을 갖는 레지스트를 양호하게 노광하여 패터닝하는 것이 가능하게 된다.
- [0034] (제6 수단)
- [0035] 본 발명의 제6 수단은, 투명 기관의 한쪽 면에, 크롬 및 크롬 화합물을 재료로 하는 반투명 위상 시프트막이 적

층된 블랭크에 감광성 레지스트를 도포한, 감광성 레지스트 부착 블랭크를 준비하는 공정과,

[0036] 상기 감광성 레지스트 부착 블랭크에, 묘화 장치로 원하는 패턴을 노광하고, 현상한 후, 습식 에칭하고, 감광성 레지스트를 제거하여 상기 반투명 위상 시프트막을 패턴 형성하는 공정을 포함하는, 대형 위상 시프트 마스크의 제조 방법이다.

[0037] 본 발명의 제6 수단에 의하면, 반투명 위상 시프트막의 패턴 형성을 1회 습식 에칭으로 행할 수 있으므로, 대형의 위상 시프트 마스크의 제조 비용을 억제하는 효과가 크다.

발명의 효과

[0038] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크를 사용함으로써 대면적의 영역에서 미세한 패턴에 대하여 반투명 위상 시프트 영역과 투과 영역과의 결상면에서의 콘트라스트를 높일 수 있다. 또한, 위상 시프트막을 습식 에칭으로 패턴 형성하기 때문에, 대형 위상 시프트 마스크의 제조 비용을 저감할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1a는 본 발명의 실시 형태에 의한 대형 위상 시프트 마스크의 구조를 설명하는 단면도이다. 도 1b 및 도 1c는 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 의한 노광광의 진폭 및 강도의 분포를 도시하는 도면이다.

도 2는 위상 시프트 마스크의 작용을 설명하기 위한 비교예의 도면이다.

도 3은 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 제조 공정을 설명하는 단면도이다.

도 4a는 위상 시프트 영역의 폭(W)을 변화시킨 경우의 노광 강도 분포의 변화를, 노광 시뮬레이션으로 구하여 나타낸 그래프이다. 도 4b는 도 4a의 노광 강도 분포의 중앙부를 확대하여 나타내는 그래프이다. 도 4c는 도 4a의 각 노광 강도 분포의 중앙의 광강도와 사이드 피크의 높이를 나타내는 그래프이다.

도 5는 본 발명에 의한 대형 위상 시프트 마스크에 의한 노광 강도 분포와, 동일한 패턴의 바이너리 마스크에 의한 노광 강도 분포를 비교한 노광 시뮬레이션 결과의 그래프이다.

도 6a는 본 발명의 실시 형태를 도시하는 평면도이다. 도 6b는 비교예의 바이너리 마스크를 도시하는 평면도이다. 도 6c는 본 발명의 실시 형태에 의한 노광 강도 분포와 비교예에 의한 노광 강도 분포를 겹쳐서 나타낸 그래프이다.

도 7은 종래 기술인 하프톤 마스크로, 미세 패턴을 전사하는 모습을 모식적으로 도시하는 단면도이다.

도 8a는 도 7의 하프톤 마스크로 미세 패턴을 노광했을 경우의 노광 강도 분포를 모식적으로 설명하는 도면, 도 8b는 비교를 위해 바이너리 마스크로 미세 패턴을 노광했을 경우의 노광 강도 분포를 모식적으로 도시하는 설명도이다.

도 9는 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 있어서의 반투명 위상 시프트 영역의 패턴의 예에 대하여 설명하는 설명도이다.

도 10은 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 다른 예를 나타내는 개략도이다.

도 11은 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 있어서의 에지 위상 시프트 영역에 대하여 설명하는 설명도이다.

도 12는 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 있어서의 에지 위상 시프트 영역의 노광 강도 분포의 콘트라스트 향상 효과를, 종래의 바이너리 마스크와 비교한 설명도이다.

도 13은 본 발명의 참고예에 있어서의 대형 위상 시프트 마스크의 예에 대하여 도시하는 개략 평면도이다.

도 14는 본 발명의 참고예에 있어서의 대형 위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포에 대하여 설명하는 도면이다.

도 15는 도 14의 C 부분의 확대도이다.

도 16은 도 14의 D 부분의 확대도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하, 도면을 참조하여, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 구성 및 그 제조 방법의 실시 형태에 대하여 설명한다.

- [0041] 도 1a는 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 일 실시 형태의 구조를 모식적으로 도시하는 단면도이다. 도 1b와 도 1c는 본 발명의 실시 형태에 의한 대형 위상 시프트 마스크의 노광광의 진폭과 강도에 있어서의 작용을 도시하는 도면이다. 도 2a 내지 2d는 반투명 위상 시프트 영역의 패턴의 폭과 노광 강도 분포 형상의 관계를 설명하는 비교예의 도면이다.
- [0042] (대형 위상 시프트 마스크의 구성)
- [0043] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크(10)의 구성은, 도 1a에 도시한 바와 같이, 투명 기관(1)과, 상기 투명 기관(1) 상에 형성된 반투명 위상 시프트막(2)을 갖고, 상기 투명 기관(1)이 노출된 투과 영역(3)과, 상기 투명 기관(1) 상에 상기 반투명 위상 시프트막(2)만이 설치된 반투명 위상 시프트 영역(4)을 갖고, 상기 투과 영역(3) 및 상기 반투명 위상 시프트 영역(4)이 인접하는 패턴을 갖고, 상기 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과한 노광광은, 상기 투과 영역(3)을 투과한 노광광에 대하여 위상이 반전하고 있는 대형 위상 시프트 마스크이다. 여기서, 대형 위상 시프트 마스크란, 적어도 그 1변의 길이가 350nm 이상인 마스크이다.
- [0044] (위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포 모델)
- [0045] 다음으로 대형 위상 시프트 마스크를 투과한 노광광의 결상면에서의 광강도 분포(간단히 「노광 강도 분포」라고도 함)의 모델을 설명한다. 도 1b는 대형 위상 시프트 마스크의 결상면(구체적으로는 감광성 레지스트면)에서의 광진폭 분포를 나타내고 있고, 도 1c는 대형 위상 시프트 마스크의 결상면에서의 노광 강도 분포를 나타내고 있다. 광의 강도는 광의 진폭을 제곱하여 얻어지고, 광의 진폭이 그 위상에 따라 양음의 값이 되는 것에 대해, 광의 강도(에너지와 같음)는 양의 값만을 나타낸다. 또, 노광광(5)은 도 1a에 도시한 바와 같이 투명 기관(1) 측으로부터 반투명 위상 시프트막(2)의 방향에 조사된다. 노광광(5)으로서의 초고압 수은등의 g선(파장 436nm), h선(파장 405nm), i선(파장 365nm), KrF 엑시머 레이저(파장 248nm), ArF 엑시머 레이저(193nm)로부터 선택하여 사용할 수 있다. 실용적으로는, TFT 어레이 기관의 패턴 형성은 대면적이며, 노광광에 대광량이 요구되는 점에서, i선 단독, h선, i선의 2과장, 또는 g선, h선, i선의 3과장을 포함한 노광광이 사용된다.
- [0046] 대형 위상 시프트 마스크(10)를 노광광(5)이 투과하고, 노광 장치의 결상 광학계(도시하지 않음)를 통해 레지스트상의 결상면에 결상했을 때의 광진폭 분포를 도 1b의 실선(15)으로 나타내고, 광강도 분포를 도 1c의 실선(16)으로 나타내었다. 비교예로서 반투명 위상 시프트막(2) 대신 차광막을 사용한 경우의 결상면에서의 광강도 분포를 도 1c의 파선(17)으로 나타내었다.
- [0047] 노광광(5)은 대형 위상 시프트 마스크(10)의 우측의 투과 영역(3a)을 투과한 광(11a), 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과한 광(11c), 좌측의 투과 영역(3b)을 투과한 광(11b)으로 나눌 수 있다. 대형 위상 시프트 마스크(10)를 투과한 노광광(11a)은 투과 영역(3a)에서 투과율 100%의 투과광이고, 3a 이외의 영역(차광측)에서는 투과광은 제로이며, 노광광(11b)은 투과 영역(3b)에서 투과율 100%의 투과광이고, 3b 이외의 영역에서는 투과광은 제로이며, 노광광(11c)은 반투명 위상 시프트 영역(4)에서 투과율 T%의 투과광이고, 반투명 시프트 영역 이외는 투과광은 제로의 광진폭 분포 형상을 갖고 있다. 이들 3개로 나눈 노광광(11a, 11b, 11c)은 각각 노광 장치의 결상 렌즈(도시하지 않음)를 통하여 결상면에 3개의 광진폭 분포 형상(12a, 12b, 14)(도 1b 중에 파선으로 표시)을 형성하고, 3개의 광진폭 분포 형상을 가산한 값이 대형 위상 시프트 마스크(10)를 사용하여 노광 장치로 결상한 광진폭 분포 형상(15)이 된다(중첩의 원리라고 함).
- [0048] 한편, 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과하여 결상한 광진폭 분포(14)를 제외하고, 광진폭 분포(12a와 12b)만의 합을 취하면, 반투명 위상 시프트막(4)을 차광막으로 치환한 바이너리 마스크를 투과한 노광광의, 결상면에서의 광진폭 분포가 된다.
- [0049] 투과 영역(3a)을 투과한 노광광(11a)을 노광 장치로 결상한 결상면의 광진폭 분포(12a)의 형상은, 노광광의 파장(λ), 결상 렌즈의 개구수(NA)와 결상 렌즈의 수차(즉 이상적인 결상 성능으로부터의 어긋남)에 의해 형성된다. 결상면의 광진폭 분포(12a)의 형상은, 결상면에 투영된 투과 영역(3a)의 경계를 기준 위치로 하고, 상기 기준 위치(경계)의 양측에서, 투과 영역(3a) 측으로부터 반투명 위상 시프트 영역(4) 측(차광측에 상당)을 향하여 완만하게 감소하고, 일단부의 광진폭(즉 위상이 반전)이 되어 음의 피크(13a)가 된 후, 광진폭 제로에 접근한다. 상기와 같은 광투과 영역의 경계를 초과하여 차광측에 펼쳐진 광은 사이드로브라고 불리지만, 사이드로브의 분포 형상 내에서 진폭이 최대의 극값이 되는 부분(13a)을 사이드로브의 피크라고 칭한다. 사이드로브의 피크(13a)의 위치는 노광 장치의 광학 성능에 의존하고, 광투과 영역의 경계로부터 노광 파장(λ)에 비례하고, 개구수(NA)에 반비례한 거리(즉 λ/NA 에 비례한 거리)에 형성된다. 즉, 사이드로브의 피크는, 포토마스크의 패턴의 광투과 영역의 경계 위치로부터, 노광 파장(λ)과 노광 장치의 렌즈의 특성으로 결정되는 거리만큼 이격된

위치에 형성된다.

- [0050] 투과 영역(3b)을 투과한 노광광(11b)을 노광 장치로 결상한 결상면의 광진폭 분포(12b)의 형상은, 상기의 광진폭 분포(12a)의 형상을 좌우를 반전하여 투과 영역(3b)과 반투명 위상 시프트 영역(4)의 경계를 기준 위치에 배치한 광진폭 분포 형상이며, 사이드로브의 피크(13a)에 대응하여 사이드로브의 피크(13b)를 갖는다. 사이드로브의 피크(13b)의 광진폭은, 사이드로브의 피크(13a)와 마찬가지로 위상이 반전한 음의 값이다.
- [0051] 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과하여, 위상이 반전한 노광광(11c)을 노광 장치로 결상한 결상면의 광진폭 분포(14)의 형상은, 반투명 위상 시프트 영역의 경계를 기준으로 그 양측에서 광진폭이 완만하게 감소하고, 전체로서 위상이 반전한 조종 형상의 확대를 가진 광진폭 분포 형상으로 되어 있다.
- [0052] 대형 위상 시프트 마스크 전체를 투과한 노광광이, 노광 장치의 결상 렌즈를 통하여 결상면에 결상한 광진폭 분포 형상(15)은 중첩의 법칙에 의해 3개의 영역에 대응한 광진폭 분포(12a, 12b, 14)를, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)에 대응하여 배치하고, 가산하여 구해진다. 구체적으로는, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)은, 우측의 투과 영역(3a)의 경계와, 좌측의 투과 영역(3b)의 경계와의 거리이기도 하기 때문에, 우측의 투과 영역(3a)에 대응한 결상면에서의 광진폭 분포(12a)와, 좌측의 투과 영역(3b)에 대응한 결상면에서의 광진폭 분포(12b)의 2개의 광진폭 분포를, 기준 위치의 거리(W)만큼 이격하여 가산(중첩)하고, 또한 반투명 위상 시프트 영역(4)에 대응한 결상면에서의 광진폭 분포(14)를 가산하여 결상면에서의 광진폭 분포(15)가 얻어진다.
- [0053] (콘트라스트 향상)
- [0054] 도 1c에 나타낸 결상면에서의 광강도 분포(16)는 광진폭(15)을 2승하여 구해진다. 이 때문에 광진폭에 음의 부분이 있어도 광강도는 항상 양이 된다. 광강도 분포(17)는 반투명 위상 시프트 영역(4)을 차광 영역으로 치환했을 경우의 결상면에서의 광강도 분포를 나타내고 있다. 반투명 위상 시프트 영역(4)의 광진폭은 위상이 반전하여 음의 값이 되므로, 결상면에서의 광강도 분포(16)는 광투과 영역의 경계부 근방의 사이드로브가 상쇄되어, 반투명 위상 시프트 영역(4)이 없을 경우의 광강도 분포(17)보다 암부가 강조되어서 패턴의 콘트라스트가 향상된다. 패턴의 폭(W)이 좁아지면 사이드로브의 광진폭이 강해지기 때문에, 이것을 상쇄하는 위상의 반전한 광진폭을 강하게 할 필요가 있고, 반투명 위상 시프트부(4)는 투과율(T)을 높게 설정할 필요가 있다. 상기한, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 효과에 의해, 광강도 분포의 암부가 강조된 효과를 도 1c의 사선부(18)에 나타내었다.
- [0055] (사이드 피크의 경감)
- [0056] 이어서, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)과 사이드로브의 피크의 결상면의 광진폭 분포(15) 및 광강도 분포(16)에의 영향에 대하여 설명한다. 사이드로브는 노광 장치의 노광 파장과 결상 렌즈에 의해 발생하고, 사이드로브의 피크(13a, 13b)는 광투과 영역(3a, 3b)의 경계부에서 일정한 거리의 위치에 발생한다. 이 사이드로브의 피크의 광진폭은 위상이 반전하고 있어, 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과하고, 위상이 반전한 노광광(11c)과 결상면에서 광진폭을 서로 강화해, 노광 강도가 강한 스폿 형상 또는 라인 형상의 영역을 발생시킨다(사이드 피크라고 함). 이러한 사이드 피크는 결상면에서 포토레지스트에 패턴을 형성한 만큼의 광강도는 아니지만, 어느 정도 감광시켜, 포지티브 레지스트의 경우에는 현상 시에 레지스트 표면의 일부가 녹아서 오목부를 형성하거나, 네가티브 레지스트의 경우에는 제거되어야 할 레지스트가 가공 기관의 표면에 스폿 형상 또는 라인 형상으로 얇게 남거나 한다. 이러한 레지스트 표면의 오목부나 레지스트 나머지는, 반도체 생산 공정의 레지스트 패턴 검사에서 결함으로 판정되어, 반도체 생산 공정의 장애가 된다.
- [0057] 본 발명의 사이드 피크의 발생을 경감하는 수단(A)은, 반투과 위상 시프트 영역의 폭(W)을 W_p 이하로 제한하고, 우측의 투과 영역(3a)에 의한 사이드로브의 피크(13a)와, 좌측의 투과 영역(3b)에 의한 사이드로브의 피크(13b)가 겹쳐서 서로 강화하는 일이 없는 구성의 마스크로 하는 것이다. 구체적으로는, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을, 사이드로브의 피크가 겹치는 반투과 위상 시프트 영역의 폭(W_p)보다 작은 폭으로 한다. 이와 같은 구성의 마스크에 대해서는, 후에 도 2를 사용하여 설명한다.
- [0058] 본 발명의 상기의 사이드 피크의 발생을 경감하는 다른 수단(B)은, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을 좁혀서 상기 반투명 위상 시프트 영역 중앙부에서, 사이드로브의 양의 진폭 부분의 겹침을 많게 하여 반투명 위상 시프트 영역(4)으로부터의 위상이 반전한 광진폭 분포(14)를 상쇄하고, 노광광의 결상면에서의 광진폭이 음이 안되는 구성의 마스크로 하는 것이다. 이와 같은 구성의 마스크에 의한 노광광의 결상면에서의 광진폭 분포의 모습을 도 1b에 나타내었다. 즉, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)을 소정의 폭(W_q)보다 좁게 해서, 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과하고, 결상면에서 위상의 반전한 광진폭 분포(14)를 광진폭 분포(12a)의 사이드로브

및, 광진폭 분포(12b)의 사이드로브에서 상쇄하고, 노광광의 광진폭(15)이 음이 되는 것(위상이 반전함)을 방지하고 있다. 노광광의 광진폭(15)이 항상 양이면, 노광 강도 분포(16)에, 광진폭이 제로가 되는 것에 수반하는 사이드 피크가 발생하지 않는다. 즉, 광진폭이 제로가 되면 광강도도 제로가 되어서 극소값을 만들고, 극소값에 부수되어 근방에 광강도의 피크가 만들어지는 것을 방지할 수 있다.

[0059] 한편, 폭(W)의 하한으로서는, 원래 차광을 의도한 영역인 반투명 위상 시프트 영역에서, 사이드로브의 겹침의 증가에 의한 광강도의 증가가 소정값 이하로 되도록 제한하는 폭(Ws)이며, 이것보다 폭이 좁은 패턴으로서는, 암부에 인입하는 노광광이 증가하여 레지스트의 패턴 형성이 불충분해지고, 포토마스크로서 사용할 수 없다.

[0060] 사이드 피크의 영향을 경감하는 수단(A)에 대해서, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)과 사이드로브의 피크 위치에 기초하는 광강도 분포의 변화를, 비교예인 도 2a 내지 2d를 사용하여 구체적으로 설명한다. 도 2a 내지 2b는 사이드로브의 피크가 이격되어 있는 비교예이며, 도 2c 내지 2d는 사이드로브의 피크가 겹치고 있는 비교예이다. 도 2a는 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W2)이 넓고, 우측의 투과 영역(3a)에 의한 사이드로브의 피크(13a)와, 좌측의 투과 영역(3b)에 의한 사이드로브의 피크(13b)가 이격되고 있고, 서로 영향이 없는 상태의 광진폭 분포를 모식적으로 도시하고 있다. 사이드로브의 피크(13a와 13b)는 위상이 반전하여 음의 광진폭을 갖고 있고, 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과한 노광광(24)과 결상면에서 서로 강화해, 결상면의 노광광의 광진폭 분포(25)에 현저한 2개의 위상이 반전한 피크(21a, 21b)를 형성한다.

[0061] 반투명 위상 시프트 영역을 갖는 마스크의 노광 강도 분포는, 광진폭 분포(25)를 2승하여 구해지고, 그 형상도 2b의 곡선(26)에 모식적으로 도시한다. 노광광의 광진폭 분포(25)는 반투명 위상 시프트 영역(4)을 향하여 감소하고, 제로가 된 후, 사이드로브의 피크(13a)에 대응해 음의 피크(21a)가 된다. 이 값의 변화에 대응하여, 노광 강도 분포(26)는 투과 영역으로부터 반투명 위상 시프트 영역(4)으로 진행되는 것에 따라서 감소하고, 광진폭이 제로가 된 위치에서 광강도도 제로가 되고, 다음으로 양의 값으로 증가하고, 광진폭이 음의 피크(21a)가 되는 것에 대응하여 광강도는 양의 피크(29a)(사이드 피크라고 함)가 되고, 그 이후에는 반투명 위상 시프트 영역(4)의 투과율(T)에 대응한 광강도에 접근한다.

[0062] 여기서 사이드 피크(29a)에는 위상 시프트 영역(4)의 투과광의 광진폭이 가산되기 때문에, 레지스트 표면에 오목부를 형성하거나 기재 표면에 레지스트 나머지를 발생하는 문제가, 바이너리 마스크보다 일어나기 쉽다.

[0063] 한편, 반투명 위상 시프트 영역(4)에 의해, 패턴 경계부에서의 노광 강도 분포에 대하여 급준함(콘트라스트)이 개선되어 있다. 바이너리 마스크의 노광 강도 분포를 도 2b의 파선(27)으로 나타내고, 반투명 위상 시프트 영역을 갖는 마스크의 노광 강도 분포(26)와의 차를 사선부(28)로 나타낸다.

[0064] 이상의 도 2a, 2b의 모식적인 설명으로부터, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W2)이 충분히 큰 경우, 바이너리 마스크와 비교해 콘트라스트는 개선되지만, 사이드 피크도 높은 것을 알 수 있다.

[0065] 다음으로 도 2c, 2d에, 투과 영역(11a와 11b)에 기초하는 결상면의 광진폭(12a)의 사이드로브의 피크와, 광진폭(12b)의 사이드로브의 피크가 겹치도록 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)을 선택한 비교예를 나타낸다. 도 2c에서 폭(Wp)의 반투명 위상 시프트 영역(4)을 갖는 마스크를 사용한 노광광의 결상면에서의 광진폭 분포(35)를 나타내고 있다. 광진폭 분포(35)의 피크(31)는 우측의 투과 영역(3a)에 의한 사이드로브의 피크와, 좌측의 투과 영역(3b)에 의한 사이드로브의 피크가 겹친 상에 또한 반투명 위상 시프트 영역(4)을 투과한 광의 진폭(34)이 가산되어, 큰 음의 피크(31)가 형성된다.

[0066] 도 2d는 광진폭(12a)의 사이드로브의 피크와, 광진폭(12b)의 사이드로브의 피크가 겹치도록 반투명 위상 시프트 영역의 폭(Wp)을 선택했을 경우의 노광 강도 분포(36)(비교예임)를 나타내고 있다. 노광광의 광진폭 분포(35)는 반투명 위상 시프트 영역(4)에 대응하여 감소하고, 제로가 된 후 사이드로브의 피크에서 음의 극값이 된다. 이 광진폭 분포(35)의 변화에 대응하여, 노광 강도 분포(36)는 영역 투과로부터 차광 영역으로 진행되는 것에 따라서 감소하고, 광진폭이 제로가 된 위치에서 노광 강도도 제로가 되고, 다음으로 양의 값에서 증가하고, 광진폭이 음의 피크가 되는 것에 대응하여 노광 강도도 양의 피크(39)가 되고, 이후는 대칭형의 광강도 분포가 된다. 여기서 노광 강도 분포(36)의 피크(39)는 중앙에 1개 존재하고, 2개의 사이드로브의 피크와, 위상 시프트 영역(4)의 투과 광량이 가산되어서 큰 피크가 되기 때문에, 레지스트 표면에 오목부를 형성하거나, 기재 표면에 레지스트 나머지를 발생하는 문제가 일어나기 쉽다.

[0067] 한편, 패턴 경계부에서의 노광 강도 분포에 대해서는, 반투명 위상 시프트 영역에 의해 광강도 분포의 급준함(콘트라스트)이 개선되어 있다. 바이너리 마스크의 노광 강도 분포를 도 2d의 파선(37)으로 나타내고, 반투명 위상 시프트 영역을 갖는 마스크의 결상면의 광강도 분포(36)와의 차를 사선부(38)로 나타낸다.

- [0068] 이상의 도 2c, 2d의 설명으로부터, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)이 사이드로브의 피크가 겹치는 폭(Wp)인 경우, 바이너리 마스크와 비교해 콘트라스트는 개선되지만 사이드 피크는 가장 높아진다. 본 발명에서는, 위상 시프트 영역의 폭(W)을, 사이드로브의 피크가 겹치는 폭(Wp)보다 좁게 취함으로써 사이드 피크의 영향을 작게 하고 있다.
- [0069] 이상의 도 1을 사용한 본 발명의 작용의 설명과, 도 2에 도시한 비교예의 설명으로부터, 본 발명은 패턴을 반투명 위상 시프트막으로 형성함으로써, 패턴 경계부에서의 노광 강도 분포의 콘트라스트를 향상시킴과 함께, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을 투과 영역의 사이드로브의 피크가 겹치는 폭(Wp)보다 좁게 함으로써, 사이드 피크의 발생을 경감하고 있다. 또한, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을 좁히고, 사이드로브의 양의 진폭 부분의 겹침을 많게 하여 반투명 위상 시프트 영역(4)으로부터의 위상이 반전한 광진폭을 상쇄하고, 노광광의 결상면에서의 광진폭이 음이 안되는 구성의 마스크로 하여, 사이드 피크의 발생을 방지하고 있다.
- [0070] (대형 위상 시프트 마스크의 구성 재료)
- [0071] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크(10)의 개개의 구성 요소의 구체적인 재료에 대하여 도 1a의 단면도를 참조하면서 설명한다. 도 1a에 나타난 대형 위상 시프트 마스크(10)의 구성은, 투명 기관(1)과, 상기 투명 기관(1)상에 형성된 반투명한 위상 시프트막(2)을 갖는 구조의 포토마스크이다.
- [0072] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크(1)에 사용되는 투명 기관(2)의 크기는 350mm×350mm로부터 1220mm×1400mm, 두께 8mm 내지 13mm이다. 재질은 광학 연마된 저팽창 유리(알루미노붕규산 유리, 붕규산 유리), 합성 석영 유리가 사용 가능한데, 열팽창률이 작고, 자외선의 투과율이 높은 합성 석영 유리가 적절하게 사용된다.
- [0073] (반투명 위상 시프트막의 구성)
- [0074] 반투명 위상 시프트막(2)의 구성은, 노광광의 위상을 반전하는 막 두께로 원하는 광투과율이 얻어지는 재질을 선택하여 단층막으로 구성하는 형태와, 주로 위상을 반전시키는 투과율이 높은 재질을 포함하는 위상 조정층과, 주로 투과율을 정하는 투과율이 낮은 재질을 포함하는 투과율 조정층의 2층의 구성으로 하는 형태의 2개의 형태가 있다.
- [0075] 반투명 위상 시프트막(2)을 단층으로 구성하는 경우에는, 굴절률(n)이 높고(통상 1.5 이상), 파장(λ)의 노광광의 위상을 반전시키는 두께(d)($d=\lambda/2(n-1)$)이고, 4%에서 30%의 범위에서 원하는 투과율이 얻어지는 재질을 선택한다. 이러한 단층으로 구성되는 반투명 위상 시프트막의 재질로서는, 산화질화크롬(CrON), 몰리브덴실리사이드 질화물(MoSiN), 몰리브덴실리사이드 산화질화물(MoSiON), 산화질화 실리콘(SiON), 티타늄산화질화물(TiON)을 예시할 수 있고, 산소나 질소의 함유율을 바꾸어서 투과율을 조정한다.
- [0076] 반투명 위상 시프트막(2)을 2층으로 구성하는 경우에는, 우선 위상 조정층의 재질로서 노광 파장에서 굴절률이 높고, 광투과율도 높은 재질을 선택하여 위상을 반전시키는 층으로 하고, 또한 투과율 조정층의 재질로서 노광 파장에서 투과율이 낮은 재질을 선택하고, 2층의 막 전체적으로 노광광의 위상을 반전하고, 투과율이 원하는 값이 되도록 각 막 두께를 조정한다. 위상 조정층의 재질로서는 산화질화크롬(CrON), 산화불화크롬(CrFO), 산화질화실리콘(SiON), 산화질화몰리브덴실리사이드(MoSiON), 티타늄산화질화물(TiON)이 사용되고, 투과율 조정층으로서 크롬(Cr), 질화크롬(CrN), 탄탈륨(Ta), 티타늄(Ti)이 사용된다. 반투명 위상 시프트막을 2층으로 구성하는 구체적인 재료의 조합으로서, 위상 조정층을 산화질화크롬(CrON) 투과율 조정층을 질화크롬(CrN)으로 하는 조합, 위상 조정층을 산화불화크롬(CrFO) 투과율 조정층을 질화크롬(CrN)으로 하는 조합, 위상 조정층을 산화질화몰리브덴실리사이드(MoSiON) 투과율 조정층을 위상 조정층보다 산소 비율이 작은 산화질화몰리브덴실리사이드(MoSiON)로 하는 조합을 예시할 수 있다.
- [0077] 특히, 반투명 위상 시프트막(2)을 크롬 및 크롬의 산화물, 크롬의 질화물, 크롬의 산화질화물을 포함하는 단층 또는 2층의 구성으로 하면, 패턴 형성 시에, 양호한 패턴 가공성을 갖는 질산 제2세륨계 웨트에천트에 의해 습식 에칭할 수 있고, 제조 비용상의 장점이 크다. 특히 2층 구성의 위상 시프트막에 대해서는, 2개의 층을 질산 제2세륨계 웨트에천트에 의해 일 공정으로 습식 에칭할 수 있어 공정을 단축할 수 있다. 구체적으로는, 단층의 반투명 위상 시프트막으로서, 단층의 산화질화크롬(CrON) 막을 예시할 수 있다. 또, 2층의 반투명 위상 시프트막으로서, 위상 조정층을 산화질화크롬(CrON) 투과율 조정층을 질화크롬(CrN)으로 한 조합의 반투명 위상 시프트막을 예시할 수 있다.
- [0078] 또한, 반투명 위상 시프트막은 필요에 따라 표면에 저반사층을 설치하고, 표면의 반사광을 저감시키는 것도 가능하다. 저반사층의 재질로서는 산화크롬(CrO)을 사용할 수 있다.

- [0079] 본 발명에 사용되는 반투명 위상 시프트막(2)에 필요한 광학 특성을 설명한다. 반투명 위상 시프트막(2)은 노광광(5)의 위상을 반전시키는 막 두께가 요구되고, 위상 시프트막의 막 두께(d), 위상 시프트막의 굴절률(n), 노광광의 파장(λ)과, 노광광이 위상 시프트막을 통과하여 발생하는 위상차(Φ)의 사이에는, $\Phi=2\pi(n-1)d/\lambda$ 의 관계가 있고, 위상차가 반전하는 것은, $\Phi=\pi$ 이기 때문에, 위상차가 반전하는 막 두께(d)는, $\lambda/2(n-1)$ 이 된다. 구체적으로는, 노광광 파장(λ)이 i선의 365nm이고, 위상 시프트막의 굴절률(n)이 2.55이면, 위상 시프트막의 두께는 118nm로 계산할 수 있다. 위상 시프트막의 두께의 변동의 허용 범위로서는 계산된 위상 시프트막의 두께에 대하여 플러스 마이너스 10퍼센트 정도의 범위이며, 이 허용 범위 내이면 위상 시프트 마스크로서 충분한 위상 시프트의 효과가 얻어진다.
- [0080] 초고압 수은등과 같이, 노광광이 복수의 피크 파장(3개의 휘선 스펙트럼을 갖음)을 포함하는 경우에는, 각각의 피크 파장에 대한 위상 시프트막의 막 두께를 산출하고, 각각의 피크 파장으로 구분되는 노광광의 에너지 강도의 비율로 가중치 부여한 합(가중 평균이라고 함)으로 위상 시프트막의 막 두께를 정한다. 예를 들어 노광 광 원으로서, g선이 Pg, h선이 Ph, i선이 Pi의 에너지 강도를 갖는 광원을 사용하는 경우, 각각의 g선에 대응한 위상 시프트막의 두께가 Dg, h선에 대응한 위상 시프트막의 두께가 Dh, i선에 대응한 위상 시프트막의 두께가 Di 이면, 가중 평균으로 구한 위상 시프트막의 두께(D)는, $D=(Pg \times Dg + Ph \times Dh + Pi \times Di) \div (Pg + Ph + Pi)$ 으로 구한다. 구체적으로, Pg=2, Dg=141nm, Ph=1, Dh=130, Pi=3, Di=118nm이면, 가중 평균으로 구한 위상 시프트막의 두께(D)는 128nm로 구해진다. 이러한 가중 평균으로 구한 위상 시프트막의 두께(D)를 사용함으로써 복수의 피크 파장을 포함하는 노광광에서도 위상 시프트 마스크의 효과가 양호하게 얻어진다.
- [0081] 가중 평균으로 위상 시프트막의 두께(D)를 구하는 방법으로서, 각 피크 파장에 대한 노광광의 에너지 강도에, 대응하는 파장의 레지스트의 감도를 곱한 값을 가중 평균의 가중치(중량)로서 사용하는 방법도 적용할 수 있고, 또한 양호한 결과가 얻어진다.
- [0082] 반투명 위상 시프트막(2)의 광투과율에 대해서는, 노광된 패턴의 콘트라스트가 높아지는 값으로 설정한다. 구체적으로는, 위상 시프트막(2)의 노광에서의 광투과율은, 4% 이상, 30% 이하가 적합하다. 반투명 위상 시프트막의 투과율이 4% 이하이면 위상 시프트에 의한 콘트라스트를 높이는 효과가 적다. 반투명 위상 시프트막의 폭(W)이 좁으면 사이드로브 광에 의해 패턴의 콘트라스트가 저하하기 때문에, 반투명 위상 시프트 영역의 투과율을 높은 듯하게 설정하는데, 30% 이상이면 차광 능력이 저하하고, 실용적이지 않다.
- [0083] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크가 후술하는 제2 반투명 위상 시프트막을 갖는 경우에는, 반투명 위상 시프트막의 광투과율이 4% 이상, 15% 이하인 것이 보다 바람직하다. 제2 반투명 위상 시프트막의 광투과율에 대해서는 상술한 범위로 하는 것이 바람직한 점에서, 반투명 위상 시프트막 및 제2 반투명 위상 시프트막을 동시에 형성할 수 있고, 생산성이 높은 대형 위상 시프트막으로 할 수 있기 때문이다.
- [0084] 반투명 위상 시프트 영역의 패턴 형상으로서, 대형 위상 시프트 마스크의 용도 등에 따라서 적절히 선택할 수 있다. 이러한 반투명 위상 시프트 영역의 패턴 형상으로서, 예를 들어 후술하는 도 6a에 예시하는 L&S 패턴 형상, 도 9에 예시하는 반투명 위상 시프트 영역(4)이 투명 영역(3) 중에 섬 형상으로 배치된 도트 패턴 형상 등을 들 수 있다.
- [0085] L&S 패턴 형상은, 예를 들어 게이트 전극, 소스 드레인 전극 등의 신호 전극, 배선 전극이나, 대향 기재 상에 형성되는 세선의 투명 전극 등을 형성하기 위한 패턴 형상으로 하여, 적절하게 사용할 수 있다.
- [0086] 도트 패턴 형상은, 예를 들어 TFT 어레이 기판에 있어서의 콘택트 홀 등을 형성할 때에 홀용 패턴 형상으로 하여, 적절하게 사용할 수 있다.
- [0087] 본 발명에 있어서는, 반투명 위상 시프트 영역의 패턴 형상으로서, 그 중에서도, 홀용 패턴 형상, 세선의 투명 전극용 패턴 형상인 것이 바람직하다.
- [0088] 또한, 도 9는, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 있어서의 반투명 위상 시프트 영역의 패턴의 예에 대하여 설명하는 설명도이다.
- [0089] 반투명 위상 시프트 영역의 폭으로서, 대형 위상 시프트 마스크의 용도 등에 따라서 적절히 선택할 수 있지만, 1 μ m 내지 5 μ m의 범위 내, 그 중에서도 1.0 μ m 내지 3.0 μ m의 범위 중, 특히 1.5 μ m 내지 2.5 μ m의 범위 내인 것이 바람직하다.
- [0090] 상기 폭이 상기 범위 내인 것에 의해, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 있어서 현저한 사이드 피크의 발생을 방지할 수 있다.

- [0091] 본 발명에 있어서의 반투명 위상 시프트 영역의 폭이란, 도 1a, 도 5a, 도 6a, 도 9에 있어서 W로 나타나는 거리를 말한다.
- [0092] 여기서, 사이드 피크에 의한 레지스트에의 영향에 대해서, 포지티브 레지스트를 예로 들어 설명한다. 상술한 바와 같이, 사이드 피크는, 사이드로브의 피크와 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 노광광이 결상면에서 광진폭을 서로 강화함으로써 발생하는 영역이다. 또한, 사이드 피크는, 통상, 반투명 위상 시프트 영역 내에 발생하는 영역이며, 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 노광광의 광강도에 비하여, 그 광강도가 강해지는 영역이다.
- [0093] 그로 인해, 레지스트로서 예를 들어 포지티브 레지스트를 사용한 경우, 반투명 위상 시프트 영역 내에 발생한 사이드 피크에서는, 레지스트의 노광이 진행하기 때문에, 노광 후의 레지스트 표면에 오목부가 발생한다는 문제가 있다. 상기 오목부를 갖는 레지스트는, 하층을 보호하는 기능에 대해서는, 발휘할 수 있지만, 레지스트의 현상 공정 후에 행해지는 검사에 있어서는, 결함으로서 검출되어버릴 경우가 있다. 따라서, 원래 보호 기능을 갖는 레지스트에 대해서도 검사에 의해 결함품이라고 판별되어 사용할 수 없기 때문에, TFT 어레이 기판 등의 생산성이 저하되어 버린다는 문제가 있다.
- [0094] 이에 비해, 반투명 위상 시프트 영역의 폭을 상술한 범위 내로 한 경우에는, 사이드 피크의 발생을 억제할 수 있기 때문에, 노광 후의 레지스트 표면에 오목부가 발생하는 것을 억제할 수 있다. 따라서, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크를 사용함으로써, TFT 기판 등을 생산성이 높은 것으로 할 수 있다.
- [0095] 또한, 사이드 피크에 의한 레지스트에의 영향에 대해서, 네가티브 레지스트를 사용한 경우에는, 예를 들어 반투명 위상 시프트 영역 내의 사이드 피크에서는, 레지스트의 노광이 진행하고, 노광 후에 레지스트가 잔존해버리기 때문에, 레지스트의 현상 공정 후에 행해지는 검사에 있어서는, 결함으로서 검출되어버릴 경우가 있다. 또한, 상기 노광 후의 하층의 에칭 등을 양호하게 행하는 것이 곤란해지는 경우가 있다.
- [0096] 이에 비해, 반투명 위상 시프트 영역의 폭을 상술한 범위 내로 했을 경우에는, 사이드 피크의 발생을 방지할 수 있기 때문에, 노광 후의 레지스트의 잔존을 억제할 수 있다.
- [0097] 이상으로부터, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크는, 표시 장치의 TFT 기판 등에 있어서, 상술한 반투명 위상 시프트 영역의 폭이 되는 구성을 형성할 때에 적절하게 사용할 수 있다.
- [0098] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크는, 상술한 투과 영역과, 반투명 위상 시프트 영역을 갖고 있으면 특별히 한정되지 않고, 필요에 따라, 상기 이외의 구성을 가져도 된다.
- [0099] 이러한 구성으로서, 예를 들어 도 10a, 10b에 도시한 바와 같이, 투명 기판(1) 상에 형성된 차광막(101) 및 차광막(101)을 덮도록 형성된 반투명한 제2 반투명 위상 시프트막(102)을 갖고, 차광막(101) 및 제2 반투명 위상 시프트막(102)이 적층되어서 설치된 차광 영역(103), 및 차광 영역(103) 및 투과 영역(3) 사이에 설치되고, 제2 반투명 위상 시프트막(102)만이 설치된 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)이 배치된 마스크 패턴(이하, 이 마스크 패턴을 에지 위상 시프트 영역이라고 칭하여 설명하는 경우가 있음)을 들 수 있다. 에지 위상 시프트 영역에서의 제2 위상 시프트 영역(104)에 있어서는, 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)을 투과한 노광광은, 투과 영역(3)을 투과한 노광광에 대하여 위상이 반전한다.
- [0100] 도 10a는 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 다른 예를 나타내는 개략 평면도이며, 도 10b는 도 10a의 AA선 단면도이다. 또한, 도 10a에 있어서는 설명의 용이를 위하여, 차광 영역에 대해서는, 파선으로 둘러싸지는 영역으로 나타내고 있다.
- [0101] 본 발명의 위상 시프트 마스크는, 상술한 바와 같이, 반투명 위상 시프트 영역의 폭이 상술한 1 μ m 내지 5 μ m의 범위 내인 경우에, 사이드 피크에 의한 영향이 적고, 양호하게 레지스트를 노광할 수 있다. 따라서, 상기 반투명 위상 시프트 영역은, 상술한 1 μ m 내지 5 μ m의 범위 내의 폭을 갖는 레지스트를 패터닝하기 위하여 사용하는 것이 바람직하다.
- [0102] 한편, 통상, TFT 기판 등은, 다양한 폭을 갖는 구성을 구비하는 것이며, 제조 시에는, 레지스트막을 동시에 노광하고, 다양한 폭을 갖는 레지스트를 패터닝하는 것이 바람직하다. 그로 인해, 위상 시프트 마스크가, 투과 영역과, 다양한 폭을 갖는 반투명 위상 시프트 영역과의 2개의 영역만을 마스크 패턴으로서 갖는 경우에는, 노광 조건이나, 사용되는 레지스트의 종류 등이 보다 제한될 우려가 있다.
- [0103] 상기 우려에 대하여 본 발명의 위상 시프트 마스크에 있어서는, 투명 기판 상에 형성된 차광막만으로 구성되는 차광 영역을 더 설치하는 것을 생각할 수 있다.

- [0104] 그러나, 최근의 패턴의 고정밀화의 요청이 높아지고 있어, 노광광의 회절에 의한 레지스트에의 영향을 무시할 수 없을 경우가 있다. 상기 레지스트에의 영향으로서는, 구체적으로는, 노광광의 회절에 의해 투과 영역과 차광 영역과의 경계에 있어서는 사이드로브가 발생하기 때문에, 레지스트의 단부면이 원하는 급준함을 갖지 않고, 마스크 패턴의 콘트라스트를 충분한 것으로 하는 것이 곤란해지는 것을 들 수 있다.
- [0105] 한편, 본 발명의 위상 시프트 마스크가, 상기 에지 위상 시프트 영역을 갖는 경우에는, 이하의 이유로부터, 레지스트의 단부면을 보다 우뚝 솟아 있는 형상, 즉 레지스트의 패턴의 콘트라스트를 향상시킬 수 있다.
- [0106] 도 11은, 본 발명에 있어서의 에지 위상 시프트 영역에 대하여 설명하는 설명도이며, 대형 위상 시프트 마스크(1)의 투과 영역(3)을 노광광(5)이 투과하고, 레지스트상의 결상면에 결상했을 때의 광진폭 분포를 도 11b의 파선(110)으로 나타내고, 광강도 분포를 도 11c의 파선(113)으로 나타내었다. 노광광의 회절이 없으면, 광진폭 분포는 결상면에서 직사각 형상이 되어야 하는데, 노광 장치(도시하지 않음)의 회절 등에 의해 조종 형상의 확대를 가진 광진폭 분포가 되고 있다. 이에 비해 도 11a의 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)을 투과한 노광광(5)은 위상이 반전하고, 도 11b의 파선(111)에 도시한 바와 같이 음의 광진폭 분포가 된다. 이러한 음의 광진폭 분포(111)를 투과 영역(3)의 광진폭 분포(110)의 확대 부분의 광진폭을 상쇄하는 위치에 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)을 배치하고, 위상 시프트 광을 첨가하여 노광광의 진폭 분포가 퍼지는 것을 방지한 광의 진폭 분포를 도 11b의 실선(112)으로 나타내었다. 또, 위상 시프트 광을 첨가한 광의 진폭 분포(112)에 대응하는 위상 시프트 광을 포함하는 광의 강도 분포를 도 11c의 실선(114)으로 나타내었다. 투과 영역만의 광강도 분포(113)와, 위상 시프트 광을 포함하는 광의 강도 분포(114)를 비교하면, 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)의 위치에 대응하여 광강도가 저하하여 광강도의 확대가 억제되고 있다. 이 광강도가 저하한 부분을 사선부(115)로 나타낸다. 한편, 광강도가 저하한 외측에는, 사이드 피크(이하, 에지 위상 시프트 영역에서의 사이드 피크라고 칭하는 경우가 있음)라고 불리는 새롭게 광강도가 강해진 부분이 보인다(도 11c, 116). 상기 사이드 피크는 제2 반투명 위상 시프트 영역의 투과율을 올리면 강해지지만, 레지스트가 감광하지 않는 레벨로 억제할 필요가 있다.
- [0107] 이하, 본 발명에 있어서의 에지 위상 시프트 영역의 상세에 대하여 설명한다.
- [0108] 상기 에지 위상 시프트 영역의 패턴 형상으로서, 대형 위상 시프트 마스크의 용도 등에 따라서 적절히 선택된다. 본 발명에 있어서는, 상술한 반투명 위상 시프트 영역의 패턴 형상보다도 큰 폭, 즉 5 μ m보다 큰 폭을 갖는 패턴 형상인 것이 바람직하다. 상기 에지 위상 시프트 영역의 패턴 형상에 대하여 구체적으로는, 라인 패턴 형상, L&S 패턴 형상, 도트 형상 등을 들 수 있다.
- [0109] 상기 에지 위상 시프트 영역에서의 차광 영역의 폭으로서는, 본 발명의 위상 시프트 마스크의 용도 등에 따라서 적절히 선택할 수 있다.
- [0110] 본 발명에 있어서의 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭으로서는, 투과 영역의 광강도의 확대를 억제할 수 있고, 레지스트를 원하는 패턴 형상으로 노광할 수 있으면 특별히 한정되지 않는다.
- [0111] 이러한 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭으로서는, 3.5 μ m 이하, 그 중에서도 2.5 μ m 이하, 특히 2.0 μ m 이하인 것이 바람직하다. 상기 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭이 상기 값을 초과하는 경우에는, 위상 시프트의 효과가 미치는 범위로부터 벗어나고, 노광 패턴의 콘트라스트를 강화하는 효과가 한계점에 도달하게 될 가능성이 있기 때문이다. 또한, 투과 영역 및 차광 영역의 사이에 위치하는 제2 반투명 위상 시프트 영역에서, 투과 영역의 광진폭과 상쇄되지 않고 남는 광진폭 분포에 의한 광강도 분포의 피크(에지 위상 시프트 영역에서의 사이드 피크)의 영향이 커지고, 제2 반투명 위상 시프트 영역을 투과하는 투과광에 레지스트가 반응하여 레지스트의 패턴 형상에 오목부 등을 발생하고, 레지스트의 패턴 형상을 원하는 형상으로 하는 것이 곤란해지는 가능성이 있기 때문이다.
- [0112] 또한, 본 발명에 있어서는 제2 반투명 위상 시프트 영역을 가짐으로써, 투과 영역에서의 광강도의 확대를 억제할 수 있는 점에서, 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭의 하한에 대해서는 반투명 위상 시프트막을 형성 가능한 정도이면 특별히 한정되지 않지만, 0.25 μ m 이상, 그 중에서도 0.5 μ m 이상, 특히 0.8 μ m 이상인 것이 바람직하다. 제2 반투명 위상 시프트 영역을 양호한 얼라인먼트 정밀도로 설치할 수 있기 때문이다. 또한, 상기 값에 미치지 않는 경우에는, 위상이 반전한 광량이 줄어들고, 효과가 적을 가능성이 있기 때문이다.
- [0113] 또한, 상기 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭(b)은, 0.5 μ m 이상, 2 μ m 이하의 범위로, 위상 시프트의 효과가 가장 현저하다.

- [0114] 여기서, 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭(b)은, 투과 영역과 제2 반투명 위상 시프트 영역의 경계로부터 제2 반투명 위상 시프트 영역과 차광 영역의 경계까지의 거리를 투명 기관 표면에 평행하게 측정된 최단 거리이다. 또한, 도 11a중, b로 나타내는 거리이다.
- [0115] 또한, 본 발명의 위상 시프트 마스크가, 도 12a에 도시한 바와 같이, 인접하는 에지 위상 시프트 영역의 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)의 사이에 투과 영역(3)을 갖는 경우, 상기 투과 영역(3)의 폭(a)으로서는, 1 μ m 이상, 6 μ m 이하인 것이 바람직하다. 여기서, 대형의 투영형 노광 장치의 해상 한계는 3 μ m 정도이고, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크는, 상기 해상 한계(3 μ m)에 관한 묘화 패턴에 대해서, 노광 패턴의 콘트라스트를 개선하는 것을 과제로 하고 있다.
- [0116] 상기 투과 영역(3)의 폭(a)이 6 μ m보다 넓은 경우에는 노광 장치의 해상 한계에 의한 영향은 적으므로, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 효과는 현저하지 않다. 또, 상기 투과 영역(3)의 폭(a)이 1 μ m보다 좁은 경우에는 본 발명의 위상 시프트의 효과를 첨가해도 노광 패턴을 해상할 수 없다. 여기서, 투과 영역(3)의 폭(a)은, 투명 기관 평면 상이 대상으로 되는 투과 영역 형상의 최대의 내접원의 직경이며, 대상 투과 영역의 형상이 직사각형이면, 짧은 변의 길이가 투과 영역의 폭이다.
- [0117] 여기서, 상술한 대형의 투영형 노광 장치의 해상 한계는, 상기 대형의 투영형 노광 장치로 바이너리 마스크를 사용하여 노광했을 경우에 있어서, 노광 영역 내에서 안정되게 해상할 수 있는 바이너리 마스크의 투과 영역의 폭의 최솟값(이하, 해상 한계의 폭이라고 칭하는 경우가 있음)과 동등하게 취급할 수 있다.
- [0118] 본 발명의 위상 시프트 마스크는, 대형의 투영형 노광 장치와 함께 사용한 경우에, 상술한 바이너리 마스크의 해상 한계의 폭 이하의 묘화 패턴을 해상할 수 있다.
- [0119] 본 발명의 위상 시프트 마스크의 묘화 패턴의 폭으로서는, 대형의 투영형 노광 장치에 있어서의 바이너리 마스크의 해상 한계의 폭에 대하여 100% 이하, 그 중에서도 85% 이하인 것이 바람직하고, 30% 이상, 그 중에서도 40% 이상인 것이 바람직하다. 상기 묘화 패턴의 폭이 상기 범위에 미치지 않는 경우에는, 묘화 패턴 자체를 해상하는 것이 곤란해질 가능성이 있기 때문이다. 또한, 상기 묘화 패턴의 폭이 상기 범위를 초과하는 경우에는, 위상 시프트에 의한 효과를 충분히 발휘하는 것이 곤란해질 가능성이 있기 때문이다. 상기 위상 시프트 마스크에 있어서의 묘화 패턴의 폭이 해상 한계의 폭과 동등한 경우에는, 바이너리 마스크를 사용하여 노광을 행한 경우에 비해, 레지스트의 형상을 양호한 것으로 할 수 있다.
- [0120] 상기 묘화 패턴의 폭에 대해서는, 대형의 투영형 노광 장치에 고유한 해상 한계의 폭 및 레지스트의 감도에 기초하여, 본 발명의 위상 시프트 마스크의 투과 영역의 폭 및 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭, 반투명 위상 시프트막의 투과율 등을 조정함으로써 결정할 수 있다.
- [0121] 여기서, 바이너리 마스크의 투과 영역의 폭은, 도 12b에 도시한 바와 같이, 1의 투과 영역에 이웃하는 차광 영역의 한쪽의 경계로부터 다른 쪽의 경계까지의 거리를 투명 기관 표면에 평행하게 측정된 최단 거리이며, d로 나타내는 거리이다.
- [0122] 또한, 위상 시프트 마스크의 묘화 패턴의 폭이란, 투과 영역 및 제2 반투명 위상 시프트 영역에 의해 레지스트에 묘화되는 패턴의 폭을 말한다.
- [0123] 이어서, 에지 위상 시프트 영역에 사용되는 차광막 및 제2 반투명 위상 시프트막에 대하여 설명한다.
- [0124] 차광 영역에 사용되는 차광막으로서는, 노광 파장에 있어서 투과율이 0.1% 이하이고, 패턴 가공이 용이한 재질인 것이 요구된다. 이러한 차광막의 재료로서는 크롬, 크롬 화합물, 폴리브덴실리사이드 화합물, 탄탈륨 화합물을 사용할 수 있지만, 습식 에칭으로 양호한 패턴 형성이 가능해서, 사용 실적도 많은 크롬 또는 크롬 화합물을 주성분으로 한 차광막이 바람직하다. 크롬 화합물로서는, 차광성이 높고, 차광막의 막 두께가 얇아도 되는 질화크롬이 사용된다. 크롬의 차광막과 질화크롬의 차광막을 비교하면, 성막이 용이하고 범용성이 높은 크롬 차광막을 사용한 마스크 블랭크스가 입수하기 쉽고 바람직하다. 구체적으로는, 금속 크롬의 박막을 차광막으로 했을 경우, 노광광의 투과율을 0.1% 이하로 하기 위해서, 막 두께는 70nm 이상으로 사용된다. 한편, 막 두께를 두껍게 하면 에칭 시간이 증가하고, 가공성이 저하하기 때문에 통상 150nm 이하의 막 두께로 사용된다.
- [0125] 차광 영역의 폭에 대해서는, 본 발명의 위상 시프트 마스크의 용도 등에 따라서 적절히 선택할 수 있다.
- [0126] 이어서, 에지 위상 시프트 영역에 사용되는 제2 반투명 위상 시프트막에 대하여 설명한다.
- [0127] 제2 반투명 위상 시프트막은, 상술한 차광막의 측면 및 상면을 덮도록, 투명 기관 상에 형성되는 것이다.

- [0128] 제2 반투명 위상 시프트막의 투과율로서는, 위상 시프트의 효과에 의한 에지 위상 시프트 영역에서의 사이드 피크가 발생하지 않는 범위에서, 노광된 패턴의 콘트라스트가 높아지는 값으로 설정한다. 구체적으로는, 제2 반투명 위상 시프트막의 노광광에서의 광투과율은, 4% 이상, 15% 이하가 적합하다. 제2 반투명 위상 시프트막의 투과율이 4% 이하이면 위상 시프트에 의한 콘트라스트를 높이는 효과가 적고, 위상 시프트막의 투과율이 15% 이상이면 위상 시프트의 효과가 너무 강하여 차광 영역에 서브 피크(에지 위상 시프트 영역에서의 사이드 피크)가 높아져, 결함이 될 가능성이 발생한다.
- [0129] 제2 반투명 위상 시프트막의 두께, 재료에 대해서는, 상술한 반투명 위상 시프트막의 두께, 재료와 마찬가지로 할 수 있기 때문에, 여기서의 설명은 생략한다. 본 발명에 있어서는, 상술한 반투명 위상 시프트막과 제2 반투명 위상 시프트막과의 두께, 재료가 동일한 것이 바람직하다. 반투명 위상 시프트막과 제2 반투명 위상 시프트막을 동시에 형성할 수 있기 때문이다.
- [0130] 본 발명에 있어서는, 차광막으로서 크롬 또는 질화크롬, 제2 반투명 위상 시프트막으로서 산화크롬(CrO) 또는 산화질화크롬(CrON)을 선택함으로써, 차광막과 제2 반투명 위상 시프트막을 동일한 에칭 설비로 가공할 수 있는 것 외에, 차광막과 제2 반투명 위상 시프트막의 양자를, 양호한 패턴 가공성을 갖는 질산 제2세륨계 웨트에천트에 의해 습식 에칭할 수 있고, 비용상의 장점이 크다. 또한, 본 발명에 있어서는, 제2 반투명 위상 시프트막이 상술한 차광막의 측면 및 상면을 덮도록 투명 기관 상에 형성되어 있는 점에서, 습식 에칭 시에 하층의 차광막이 에칭되는 것을 억제할 수 있다.
- [0131] 또한, 본 발명에 있어서의 에지 위상 시프트 영역은, 상술한 차광막 및 제2 반투명 위상 시프트막을 갖고 있으면 특별히 한정되지 않고 그 밖에도 필요한 구성을 적절히 선택하여 추가할 수 있다. 이러한 구성으로서는, 반사 방지막을 들 수 있다.
- [0132] 여기서, 일반적인 대형의 투영형 노광 장치에 있어서는, 노광광으로서 평행광만을 조사하는 것은 곤란해서, 노광광의 일부에는 소정의 각도를 갖는 광을 포함하는 경우가 많다. 또한 패턴 에지에서 회절하여 돌아 들어오는 광이나, 막의 경계에서의 반사광 등이 미광으로서 나와버린다. 또한, 이러한 미광은, 대형의 투영형 노광 장치에 있어서의 조사 위치와, 실제로 레지스트에 도달한 위치가 상이하기 때문에, 본래, 노광을 필요로 하지 않는 위상 시프트 마스크의 차광 영역에 대응하는 레지스트에 대해서도 노광해버릴 우려가 있다.
- [0133] 또한, 본 발명에 있어서는, 차광 영역은, 투명 기관 상에 차광막이 적층되어, 차광막 상에 제2 반투명 위상 시프트막이 적층된 구성을 갖는 것이다. 또한, 제2 반투명 위상 시프트막은 위상차(π)의 두께(D)를 갖는 것이다. 따라서, 예를 들어 본 발명의 위상 시프트 마스크를 사용하여, TFT 어레이 기관 등을 제작하기 위한 레지스트를 패터닝할 경우, 상술한 미광은 이하의 거동을 나타낼 것으로 생각된다. 우선, 대형의 투영형 노광 장치로부터 조사된 미광은, 위상 시프트 마스크의 투명 기관을 투과하고, TFT 어레이 기관의 금속 전극 등에 반사되어서 반사광이 된다. 이어서, 상기 미광의 반사광은 차광 영역의 제2 반투명 위상 시프트막에 입사하고, 차광막에 반사되어 제2 반사광이 되고, 다시, 제2 반투명 위상 시프트막으로부터 출사한다. 따라서, 상기 차광 영역의 제2 반투명 위상 시프트막에 입사하는 미광의 반사광과, 차광막에 반사되어 제2 반투명 위상 시프트막으로부터 출사하는 미광의 제2 반사광과의 위상차는 2π 가 된다. 그로 인해, 제2 반투명 위상 시프트막의 표면에 있어서는 상술한 반사광과 상술한 제2 반사광이 서로 강화하기 때문에, 미광에 의한 레지스트에의 영향이 보다 현저한 것이 될 우려가 있다.
- [0134] 상기의 문제는, 본 발명에 있어서의 차광 영역의 층 구성에 기인하는 문제이다.
- [0135] 본 발명에 있어서, 노광 시의 미광 대책의 관점에서 차광 영역은 반사 방지 기능을 갖는 것이 바람직하다. 도 11a에 도시한 바와 같이, 본 발명에 사용되는 차광 영역(103)은 투명 기관(1) 위에 차광막(101)이 적층되어, 차광막(101) 상에 제2 반투명 위상 시프트막(102)이 적층된 구성을 갖지만, 제2 반투명 위상 시프트막(102)은 위상차(π)의 두께(d)를 갖기 때문에, 차광막(101)의 표면으로 반사된 노광광(미광의 제2 반사광)과 제2 반투명 위상 시프트막(102)의 표면에서의 반사광(미광의 반사광)은 위상차 2π 가 되어 서로 강화해버린다. 이 영향을 경감하기 위해서, 차광막과 제2 반투명 위상 시프트막의 사이에 반투명 막을 포함하는 반사 방지막(105)을 설치해도 된다. 반사 방지막(105)을 가짐으로써, 차광막을 반사한 광과 반사 방지막을 반사한 광(차광막을 반사한 광(미광의 제2 반사광)과 반사 방지막 표면에서의 미광의 반사광)이 서로 약화시키도록 광로 길이를 설정함으로써, 위상차가 2π 가 되어서 서로 강화하는 것을 방지할 수 있다.
- [0136] 본 발명에 있어서의 반사 방지막으로서, 반사 방지 기능을 갖고, 차광 영역의 차광막 및 제2 반투명 위상 시프트막의 사이에 형성할 수 있는 것이면 특별히 한정되지 않지만, 금속막, 금속 화합물막 등을 적절하게 사용할

수 있다.

- [0137] 상기 반사 방지막의 재질로서는, 산화크롬(CrO), 산화질화크롬(CrON), 질화크롬(CrN), 산화티타늄(TiO), 산화탄탈(TaO), 산화니켈알루미늄(NiAlO) 등을 들 수 있고, 그 중에서도 산화크롬(CrO), 산화질화크롬(CrON)을 적절하게 사용할 수 있다.
- [0138] 상기 반사 방지막의 두께는, 차광막을 반사한 광과 반사 방지막을 반사한 광이 서로 약화시키도록 광로 길이가 되게 설계된다.
- [0139] 이러한 반사 방지막의 두께로서는, 차광막을 반사한 광이 반사 방지막을 투과함으로써, 차광막을 반사한 광과 반사 방지막을 반사한 광과의 위상차가, $\pi \pm 10$ 의 범위 내가 되는 두께인 것이 바람직하고, 그 중에서도 $\pi \pm 5$ 의 범위 내가 되는 두께인 것이 바람직하고, 특히 π 가 되는 두께인 것이 바람직하다.
- [0140] 차광막을 반사한 광과 반사 방지막을 반사한 광을 적절하게 약화시킬 수 있고, 미광에 의한 문제를 적절하게 방지할 수 있기 때문이다.
- [0141] 상기 반사 방지막의 구체적인 두께로서는, 반사 방지막의 재료 등에 의해 적절히 선택되는 것이며 특별히 한정되는 것은 아니나, 0.01 μ m 내지 0.1 μ m의 범위 내, 그 중에서도 0.02 μ m 내지 0.05 μ m의 범위 내인 것이 바람직하다. 상기 범위에 미치지 않는 경우에는, 반사 방지막을 균일한 두께로 형성하는 것이 곤란해질 가능성이 있기 때문이며, 상기 범위를 초과하는 경우에는, 반사 방지막의 성막 시간, 비용이 많이 들 가능성이 있기 때문이다.
- [0142] 또한, 반사 방지막으로서, 투과하는 광의 위상을 조정하는 것 이외에도, 예를 들어 금속막 등의 표면을 조면화하고, 광을 확산시키는 기능을 부여한 것을 사용해도 된다.
- [0143] 제2 반투명 위상 시프트막 표면의 반사 방지 방법으로서, 제2 반투명 위상 시프트막의 표면에 반투명한 저반사막을 설치할 수도 있다. 특히 제2 반투명 위상 시프트막이 산화질화크롬인 경우 표면에 금속 광택을 포함하는 경우가 있고, 그 경우에는 산화크롬을 포함하는 저반사층이 유효하다.
- [0144] 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크에 있어서, 상술한 에지 위상 시프트 영역을 갖는 경우에는, 사용되는 레지스트로서는, 상기 에지 위상 시프트 영역에서의 사이드 피크의 영향이 적은 것이 바람직하다. 상술한 바와 같이, 본 발명에 있어서는, 반투명 위상 시프트 영역에 대해서는, 1 μ m 내지 5 μ m의 범위 내의 폭으로 함으로써, 사이드 피크를 발생시키기 어려운 것으로 할 수 있기 때문에, 상술한 바와 같이 선택된 레지스트를 사용함으로써, 보다 양호한 형상으로 레지스트를 패터닝할 수 있다.
- [0145] 상기 투과 영역 및 위상 시프트 영역만을 갖는 본 발명에 있어서의 대형 위상 시프트 마스크의 용도로서는, 상술한 위상 시프트 영역의 패턴 형상의 향에서 설명한 구성을 패터닝하기 위한 대형 위상 시프트 마스크를 들 수 있다.
- [0146] 또한, 상기 에지 위상 시프트 영역을 갖는 경우의 대형 위상 시프트 마스크의 용도로서는, 특별히 한정되지 않지만, 반투명 위상 시프트 영역을 사용하여 작은 폭의 레지스트를, 에지 위상 시프트 영역을 사용하여 큰 폭의 레지스트를 패터닝하기 위하여 사용하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상술한 도 10a, 10b에 도시한 바와 같이, 반투명 위상 시프트 영역(4)을 사용하여 세선의 투명 전극용의 레지스트를, 에지 위상 시프트 영역을 사용하여 게이트 전극 또는 소스 드레인 전극용의 레지스트를 패터닝하기 위한 대형 위상 시프트 마스크나, 도시한 바와 같이, 반투명 위상 시프트 영역을 사용하여 콘택트 홀용의 레지스트를, 에지 위상 시프트를 사용하여 상술한 게이트 전극 또는 소스 드레인 전극용의 레지스트를 패터닝하기 위한 대형 위상 시프트 마스크 등을 들 수 있지만, 이것들에 한정되지 않는다.
- [0147] (제조 방법)
- [0148] 도 3은 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 제조 공정을 도시하는 단면도이다.
- [0149] 본 실시 형태의 대형 위상 시프트 마스크(1)를 제작하기 위해서는, 우선, 투명 기판(1)에 반투명 위상 시프트막(2)이 적층된 포토 마스크 블랭크스(41)를 준비한다(도 3a). 투명 기판(1)은 통상, 두께 8mm 내지 12mm의 광학 연마된 합성 석영을 사용한다. 포토 마스크 블랭크스(41)의 반투명 위상 시프트막(2)이 산화질화크롬 층의 단층, 또는 질화크롬의 투과율 조정층과 산화질화크롬의 위상 시프트막의 2층이면 스퍼터링 법으로 성막된다.
- [0150] 이어서, 상기 포토 마스크 블랭크스(41)의 반투명 위상 시프트막(2)을 통상의 방법에 따라서 패터닝한다. 즉, 반투명 위상 시프트막 2상에 레이저 빔 묘화 장치의 노광 파장에 대응한 감광성 레지스트를 도포하고, 도포 후에 소정 시간 베이킹하고, 균일한 두께의 레지스트막을 형성한다. 다음으로 레이저 묘화 장치에 의해, 레지스

트막에 원하는 패턴을 묘화하고, 현상하여 레지스트(42)를 형성한다(도 3b). 통상, 반투명 위상 시프트 영역(4)은 액정 표시 패널의 TFT 트랜지스터용의 배선 패턴이나, 콘택트 홀 패턴, 게이트 패턴 등인데, 필요에 따라 위치 정렬용의 마크를 형성하여 사용한다.

[0151] 이어서, 레지스트(42)로부터 노출되어 있는 반투명 위상 시프트막을 에칭하여 제거하고, 잔존하고 있는 레지스트를 박리 제거하고, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 형상에 패턴 형성된 반투명 위상 시프트막부의 투명 기관(1)을 얻는다(도 3c). 반투명 위상 시프트막(2)의 에칭은, 습식 에칭법 또는 건식 에칭법을 적용할 수 있지만, 상기와 같이 플랫 디스플레이에 사용되는 포토마스크의 대형화에 수반하여, 건식 에칭에서는 에칭 장치의 대형화에 엄청난 비용을 드는 동시에, 대면적에서의 에칭의 균일성의 제어도 어렵기 때문에, 습식 에칭이 비용적으로 바람직하다. 반투명 위상 시프트막(2)이 크롬계의 재료로 구성된 막이면, 질산 제2세륨 암모늄에 과염소산을 첨가한 웨트에칭트로 양호하게 패턴 형성할 수 있다.

[0152] 본 발명의 제조 방법에 의하면, 반투명 위상 시프트막의 패턴 형성을 1 공정의 습식 에칭으로 행할 수 있으므로, 대형의 위상 시프트 마스크의 제조 비용을 억제하는 효과가 크다.

[0153] 상술한 에지 위상 영역을 갖는 위상 시프트 마스크를 제조하는 경우에는, 투명 기재 상에 차광막 및 필요에 따라 반사 방지막이 적층된 제2 포토 마스크 블랭크를 사용하고, 차광막 등을 소정의 패턴으로 에칭한 후, 반투명 위상 시프트막을 투명 기관의 차광막 등 측의 표면 전체면에 형성함으로써, 포토 마스크 블랭크를 준비할 수 있다.

[0154] 또한, 반투명 위상 시프트막의 에칭 시에 있어서, 반투명 위상 시프트 영역 및 제2 반투명 위상 시프트 영역의 패턴에 에칭한다.

[0155] 차광막 및 반사 방지막의 형성 방법 및 에칭 방법에 대해서는 반투명 위상 시프트막과 마찬가지로 할 수 있기 때문에, 여기서의 설명은 생략한다.

[0156] (그 외)

[0157] 본 발명의 위상 시프트 마스크는, 상기 TFT 어레이 기관 등의 패턴 형성을 위한 레지스트를 패터닝하기 위하여 사용된다.

[0158] 본 발명의 위상 시프트 마스크와 함께 사용되는 레지스트에 대해서는, TFT 기관의 전극 재료, 현상액, 투영형 노광기 등에 의해 적절히 선택할 수 있고, 특별히 한정되지 않는다.

[0159] 예를 들어, 노광기로서 Nikon사제 노광기를 사용하고, 레지스트로서 AZ1500, 현상액으로서 AZ300MIF를 사용했을 때에, 위상 시프트 마스크의 투과율 5% 이하의 부분에 있어서의 노광광의 영향을 적게 할 수 있는, 즉 노광 강도가 5% 이하인 광에 의해 레지스트가 묘화되기 어려운 것으로 될 수 있기 때문에, 노광 강도 분포에 있어서의 사이드 피크에 반응하기 어렵고, 레지스트의 패터닝을 양호하게 행할 수 있다.

[0160] 또한, 레지스트의 두께로서는, 본 발명의 위상 시프트 마스크를 사용하여 원하는 형상으로 패터닝할 수 있는 정도이면 특별히 한정되지 않지만, 1.0 μ m 내지 10.0 μ m의 범위 내, 그 중에서도 1.2 μ m 내지 5.0 μ m의 범위 중, 특히 1.5 μ m 내지 4.0 μ m의 범위 내인 것이 바람직하다. 레지스트의 두께를 상기 범위 내로 함으로써, 본 발명의 위상 시프트 마스크를 사용하여, 원하는 형상을 갖는 레지스트 패턴을 형성할 수 있다.

[0161] 또한, 본 발명의 위상 시프트 마스크와 함께 사용되는 레지스트에 대해서는, 상술한 것에 한정되지 않는다.

[0162] **실시예**

[0163] <반투명 위상 시프트 영역에 대해서>

[0164] (실시예 1)

[0165] 도 4a는 위상 시프트 영역의 폭(W)을 변화시킨 경우의 노광 강도 분포의 변화를 노광 시뮬레이션으로 구한 결과의 그래프이다. 도 4b는 도 4a의 광강도 분포의 중앙부를 확대하여 나타낸 그래프이다. 도 4c는 도 4a 위상 시프트 영역의 폭(W)의 변화에 대한 각 노광 강도 분포 중앙부의 광강도와 사이드 피크의 높이를 나타내는 그래프이다.

[0166] 도 5는 본 발명에 의한 대형 위상 시프트 마스크에 의한 노광 강도 분포와, 동일한 패턴의 바이너리 마스크에 의한 노광 강도 분포를, 노광 시뮬레이션으로 비교한 그래프이다.

[0167] 도 4a는 도 5a에 도시한 바와 같은 투과 영역(3)에 둘러싸인 1번이 W인 정사각형의 반투명 위상 시프트 영역

(4)을 갖는 대형 위상 시프트 마스크(50)를 사용하여 노광했을 때의 결상면에서의 광강도 분포(노광 강도 분포라고 함)를 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을 파라미터로 해서 노광 시뮬레이션으로 구하고, CC 단면에 따라 노광 강도 분포를 그린 그래프이다. 노광 시뮬레이션의 파라미터인 폭(W)은, 10 μ m, 8 μ m, 6 μ m, 5 μ m, 4 μ m, 3 μ m, 2 μ m, 1 μ m를 선택하였다. 노광 시뮬레이션에서의 노광 파장은 365nm로 하고, 노광 장치의 광학 조건은, 렌즈 프로젝트 노광 방식인 멀티 렌즈 투영 광학계를 탑재한 액정 노광 장치(니콘제)의 조건을 설정하고, 반투명 위상 시프트막의 투과율은 5.2%로 하였다. 도 4a, 4b의 노광 강도 분포를 나타내는 그래프는, 가장 외측이, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)이 10 μ m에 대응한 그래프이며, 이하 순으로, 내측을 향하여 폭 8 μ m에 대응한 노광 강도 분포로부터 폭 1 μ m에 대응한 노광 강도 분포를 나타내는 오목 형상의 그래프가 상자 형상으로 나열해 있다.

[0168] 반투명 위상 시프트 영역(4)의 중앙부에 대응하는 결상면에서의 노광 강도(51)는, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)이 10 μ m에서 3 μ m까지의 범위에서는, 투과 영역의 노광 강도를 100%로 했을 때 4%에서 10%의 노광 강도를 나타내고, 거의 일정한 차광 능력이 있다. 폭(W)이 2 μ m가 되면 중앙부의 노광 강도는 23%가 되고, 폭(W)이 1 μ m가 되면 중앙부의 노광 강도는 71%가 되고, 차광 능력이 저하한다. 이 모습을 도 4c의 꺾은 선 그래프(52)로 나타내었다.

[0169] 반투명 위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포의 사이드 피크의 높이는, 도 4b를 참조하고, 노광 강도 분포를 투과 영역(3)으로부터 반투명 위상 시프트 영역(4)을 향하여 차례로 보고, 최초의 극소값(53)의 투과율과, 다음 극대값(54)의 투과율의 차의 절대값(55)으로 구한다. 사이드 피크의 높이를, 반투명 위상 시프트 영역(4)의 폭(W)을 10 μ m에서 1 μ m까지 변화시켜서 구한 결과를 도 4(c)의 꺾은 선 그래프(56)로 나타내었다. 사이드 피크의 높이는, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)이 10 μ m에서 5 μ m까지의 범위에서 약 3퍼센트 전후의 일정값을 나타내고, 폭이 5 μ m 이하에서 사이드 피크 높이가 감소하고, 폭(W)이 4 μ m에서 1 μ m에서는 사이드 피크는 관찰되지 않고, 사이드 피크의 높이는 제로이다.

[0170] 이상의 노광 시뮬레이션 결과를 통합하면, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을 5 μ m 이하로 하면 사이드 피크의 높이는 감소하기 때문에, 사이드 피크의 영향에 의한 레지스트 표면의 오목부나 레지스트 나머지 등이, 레지스트 패턴 검사에서 결함으로 판정되어, 반도체 생산 공정의 장애가 되는 과제를 경감할 수 있다. 또한 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)을 4 μ m 이하로 함으로써 사이드 피크는 발생하지 않고(사이드 피크의 높이가 제로), 사이드 피크에 기인하는 상기의 반도체 생산 공정의 과제를 해소할 수 있다. 한편, 반투명 위상 시프트 영역의 폭을 2 μ m로 하면 사이드 피크는 없지만, 노광 강도 분포의 중앙에서의 광강도가 23%로 크고, 사용 하는 데 있어서는 노광 현상 조건의 조정이 필요하다. 또한 위상 시프트 영역의 폭이 1 μ m인 경우, 노광 강도 분포의 중앙에서의 광강도가 71%에 달하고, 차광 성능이 크게 저하하여, 실용에 적합하지 않다. 단, 이상의 결과는 반투명 위상 시프트 패턴을 정사각형으로 했을 경우에 대해서이며, 위상 시프트 패턴을 라인 앤 스페이스로 한 경우에는, 반투명 위상 시프트 영역의 폭을 1 μ m로 해도 영역 중앙부에서의 광강도는 30%가 되고, 노광, 현상 조건의 조정으로 사용이 가능하다. 이것은 실시예 2에서 나타낸다.

[0171] (노광 시뮬레이션 결과와 노광 강도 분포 모델)

[0172] 도 4a, 4b에 나타난 노광 시뮬레이션에 의한 노광 강도 분포와, 도 1, 도 2에서 설명한 노광 강도 분포 모델과의 관계를 설명한다. 도 2b의, 사이드로브의 피크가 충분히 이격되어 있는 경우의 노광 강도 분포를 설명하는 모식적인 그래프(26)의 형상은, 투과 영역으로부터 반투명 위상 시프트 영역으로 진행되는 것에 따라서 노광 강도가 감소하고, 노광 강도가 제로가 된 후, 극대값인 사이드 피크(29a, 29b)를 형성하고 있다. 이에 비해, 도 4(b)에서, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)이 10 μ m인 노광 강도 분포는, 투과 영역으로부터 반투명 위상 시프트 영역으로 진행되는 것에 따라서 노광 강도가 감소하고, 노광 강도가 극소값을 취한 후, 사이드 피크(54a, 54b)를 갖고 있고, 노광 강도 분포를 설명하는 모식적인 그래프(26)와, 노광 시뮬레이션에 의한 그래프의 특징이 잘 일치하고, 도 1, 도 2에서의 노광 강도 분포의 설명 모델에 모순이 없고, 양호하다고 말할 수 있다. 또한, 노광 시뮬레이션에서의 노광 강도의 극소값이, 노광 강도 분포의 모식도와 같이 제로가 안되는 것은, 결상 렌즈의 이상 성능으로부터의 어긋남(즉 수차)에 의한 것이다.

[0173] 이어서, 노광 강도 분포의 반투명 위상 시프트 영역의 경계로부터 사이드 피크까지의 거리를 노광 시뮬레이션 결과로부터 구하고, 사이드 피크의 높이가 감소로 돌아서는 반투명 위상 시프트 영역의 폭(Wp)을 구한다. 반투명 위상 시프트 영역의 경계는 결상면에서 8.5 μ m와 16.5 μ m의 위치에 있고, 시뮬레이션에서의 노광 강도 분포의 극대값(54a, 54b)의 위치는 11.1 μ m와 13.8 μ m이므로, 반투명 위상 시프트 영역의 경계로부터 사이드 피크까지의 거리는 2.8 μ m이다. 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)이, 노광광의 사이드로브의 피크(위상이 반전하고 있음)가 겹치는 배치에서 사이드 피크의 높이는 최대가 되고(도 2b에 나타내는 상태), 그것보다 폭(W)이 작으면 사이드

로브의 양의 부분의 겹침이 많아지고, 사이드 피크의 높이는 낮아진다. 즉, 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W)이, 경계로부터 사이드 피크까지의 거리의 2배보다 좁은 범위($W < W_p$)에서 사이드 피크의 높이는 낮아진다. 노광 시뮬레이션으로 구한 경계로부터 사이드 피크까지의 거리는 $2.8\mu\text{m}$ 이므로, 사이드로브의 피크가 겹치는 폭(W)은 $5.6\mu\text{m}$ 이다. 도 4c의 노광 시뮬레이션 결과로부터, 사이드 피크의 높이가 감소하기 시작하는 반투명 위상 시프트 영역의 폭(W_p)은 $5\mu\text{m}$ 이며, 경계로부터 사이드 피크까지의 거리로부터 계산한 값 $5.6\mu\text{m}$ 과 일치한다.

[0174] (실시예 1의 콘트라스트 개선 효과)

[0175] 도 5는, 사이드 피크가 없는 양호한 노광 강도 분포가 되는 폭(W)이 $4\mu\text{m}$ 에서의 반투명 위상 시프트 마스크의 콘트라스트의 개선을, 바이너리 마스크와 노광 시뮬레이션으로 비교한 결과이다. 도 5a에 나타낸 1변이 $4\mu\text{m}$ 인 정사각형의 반투명 위상 시프트 영역을 갖는 위상 시프트 마스크의 CC 단면에 따른, 결상면에서의 노광 강도 분포를 도 5b의 실선으로 나타내었다. 동일한 크기의 정사각형의 차광 영역을 갖는 바이너리 마스크의 결상면에서의 노광 강도 분포를 도 5b의 파선으로 나타내었다. 그래프로부터 판단되는 바와 같이 바이너리 마스크의 노광 강도 분포는 위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포보다 폭이 좁고, 패턴이 가늘어지고 있다. 구체적으로는, 감광 레벨을 노광 강도 30%로 하면, 대형 위상 시프트 마스크의 노광 패턴의 폭은 $4.1\mu\text{m}$ 인 것에 대해, 바이너리 마스크가 같은 감광 레벨에서의 노광 패턴의 폭은 $3.7\mu\text{m}$ 이다. 즉, 본 발명의 반투명 위상 시프트 마스크는, 패턴 경계에서의 노광 강도 분포의 하강을 급준하게 하고(즉 콘트라스트를 높이고), 노광에 의해 전사되는 패턴 폭의 변동을 방지하는 효과가 있다.

[0176] (실시예 2)

[0177] 도 6은, 본 발명에 의한 대형 위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포의 콘트라스트 향상의 효과를, 종래의 바이너리 마스크와 비교한 설명도이다. 도 6a는 본 발명에 의한 대형 위상 시프트 마스크의 라인 앤 스페이스(L/S) 패턴을 도시하는 평면도, 도 6b는 종래 기술인 바이너리 마스크의 라인 앤 스페이스 패턴을 도시하는 평면도, 도 6c는 도 6a와 도 6b에 나타낸 마스크의 결상면에서의 노광 강도 분포를 비교하는 도이다.

[0178] 또, 표 1은, 본 발명에 의한 대형 위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포의 콘트라스트 향상의 효과를, 종래의 바이너리 마스크와 비교한 표이다.

[0179] 도 6a의 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 패턴은 $4\mu\text{m}$ 피치의 라인 앤 스페이스 패턴으로, 반투명 위상 시프트 영역(3)의 폭(W)은 $1\mu\text{m}$ 이고, 반투명 위상 시프트 영역(3)의 양측에 인접하여 설치된 투과 영역(4)의 폭(a)은 $3\mu\text{m}$ 이다. 반투명 위상 시프트막의 투과율은 5.2%, 위상은 투과 영역을 통한 광에 대하여 π (180도)만큼 반전하고 있다. 또한, 투과율은 투과 영역(6)의 투과율을 100%로서 산출하고 있다.

[0180] 도 6b의 비교예 1인 바이너리 마스크의 패턴은 $4\mu\text{m}$ 피치의 라인 앤 스페이스 패턴이고, 차광 영역(63)의 폭은 반투명 위상 시프트 영역(3)의 폭과 같은 $1\mu\text{m}$, 투과 영역(64)의 폭은 $3\mu\text{m}$ 이다.

[0181] 도 6c는 본 발명에 의한 위상 시프트 마스크(60)와, 비교예 1의 바이너리 마스크(61)를 사용하여 광 노광 장치에 의해 노광한 결과의, 결상면에서의 노광 강도 분포를 시뮬레이션에 의해 구하여, 겹쳐서 나타낸 그래프이며, 노광 장치의 광원은 g선, h선, i선의 3 파장 혼합 광원으로 계산하였다. 그래프의 종축은, 결상면에서의 노광 강도의 최댓값을 1로 정규화하여 표시하고, 그래프의 횡축은 결상면에서의 위치를 나타내고 있다. 도 6a에 나타낸 대형 위상 시프트 마스크의 AA 단면에 대응한 위치의 노광 강도 분포를 노광 강도 분포 곡선(65)으로 나타내고 있다. 또, 도 6b에 나타낸 비교예 1인 바이너리 마스크의 BB 단면에 대응한 위치의 노광 강도 분포를 노광 강도 분포 곡선(66)으로 나타내고 있다.

[0182] 도 6c에 나타낸 대형 위상 시프트 마스크의 노광 강도 분포 곡선(65)의 광강도 분포의 최댓값은 0.740, 최솟값은 0.306이고, 최댓값과 최솟값의 차인 콘트라스트는 0.434이었다. 이에 비해 종래 기술인 바이너리 마스크의 노광 광강도 분포 곡선(66)의 광강도 분포의 최댓값은 0.782, 최솟값은 0.399이고, 최댓값과 최솟값의 차인 콘트라스트는 0.383이었다. 즉, 종래 바이너리 마스크의 결상면에서의 노광광의 콘트라스트가 0.383이었던 것에 대해, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 노광광의 콘트라스트는 0.434가 되어 0.051 콘트라스트가 높아지고, 콘트라스트의 비율로 말하면 약 13%의 개선이 보여졌다. 이 결과를 표 1의 대형 위상 시프트 마스크의 효과에 통합하여 기재하였다.

표 1

대형 위상 시프트 마스크의 효과

마스크 종류	바이너리 마스크(비교예 1)	대형 위상 시프트 마스크
설계 방법	a = 3.0 μm W = 1.0 μm	a = 3.0 μm W = 1.0 μm
광강도의 최댓값	0.782	0.740
광강도의 최솟값	0.399	0.306
콘트라스트	0.383	0.434
위상 시프트 마스크에 의해 콘트라스트는 0.051 개선되었다. (콘트라스트 값이 약 13% 높아졌다.)		

[0183]

[0184] 이상의 노광 시뮬레이션 결과로부터, 본 발명은 대형 마스크에 있어서 반투명 위상 시프트 영역의 폭을 제한함과 함께 적절하게 배치함으로써, 결상면에서의 노광 강도 분포의 콘트라스트를 개선하고, 보다 미세한 패턴을 안정되게 형성할 수 있다.

[0185] <에지 위상 시프트 영역에 대해서>

[0186] (노광 강도 분포의 콘트라스트에 대해서)

[0187] 도 12는, 본 발명에 의한 대형 위상 시프트 마스크에 있어서의 에지 위상 시프트 영역(참고예 1)의 노광 강도 분포의 콘트라스트 향상의 효과를, 종래의 바이너리 마스크(비교예 2)와 비교한 설명도이다. 도 12a는 에지 위상 시프트 영역을 갖는 마스크(참고예 1)의 라인 앤 스페이스 패턴을 도시하는 평면도, 도 12b는 종래 기술인 바이너리 마스크(비교예 2)의 라인 앤 스페이스 패턴을 도시하는 평면도, 도 12c는 도 12a와 도 12b에 나타난 마스크의 결상면에서의 노광 강도 분포를 비교하는 도면이다.

[0188] 또, 표 1은, 에지 위상 시프트 영역을 갖는 마스크(참고예 1)의 노광 강도 분포의 콘트라스트 향상의 효과를, 종래의 바이너리 마스크(비교예 2)와 비교한 표이다.

[0189] 도 12a의 참고예 1인 에지 위상 시프트 영역의 패턴은 4μm 피치의 라인 앤 스페이스 패턴이고, 투과 영역(3)의 폭(a)은 3μm이다. 투과 영역(3)의 양측에 인접하여 설치된 제2 반투명 위상 시프트 영역(104)의 폭(b)은 0.4μm 이고, 투과율은 5.2%, 위상은 π(180도)로 반전하고 있다. 또, 차광 영역(103)의 폭은 0.2μm이고 투과율은 0%이다. 또한, 각 영역의 투과율은 투과 영역(3)의 투과율을 100%로서 산출하고 있다.

[0190] 도 12b의 비교예 2인 바이너리 마스크의 패턴은 4μm 피치의 라인 앤 스페이스 패턴이고, 투과 영역(64)의 폭(d)은 3μm, 차광 영역(63)의 폭(e)은 1μm이다.

[0191] 도 12c는 노광 장치에 의한 노광 결과를 시뮬레이션에 의해 구한 결과를 나타내는 그래프이며, 노광 장치의 광원은 g선, h선, i선의 3 파장 혼합 광원으로 계산하였다. 그래프의 종축은, 결상면에서의 투과 영역의 노광 광강도의 최댓값을 1로 정규화하여 표시하고 있고, 그래프의 횡축은 결상면에서의 위치를 가리키고 있다. 도 12a의 AA 단면에 대응한 위치의 대형 위상 시프트 마스크의 노광 광강도 분포를 노광 광강도 분포 곡선(131)에 나타내고 있다. 또, 도 12b의 BB 단면에 대응한 위치의 바이너리 마스크의 노광 광강도 분포를 노광 광강도 분포 곡선(132)에 나타내고 있다.

[0192] 도 12c에 나타난 대형 위상 시프트 마스크 노광 광강도 분포 곡선(131)의 광강도 분포의 최댓값은 0.747, 최솟값은 0.324이고, 최댓값과 최솟값의 차인 콘트라스트는 0.423이었다. 이에 비해 종래 기술인 바이너리 마스크의 노광 광강도 분포 곡선(132)의 광강도 분포의 최댓값은 0.782, 최솟값은 0.399이고, 최댓값과 최솟값의 차인 콘트라스트는 0.383이었다. 즉, 종래 바이너리 마스크의 결상면에서의 노광광의 콘트라스트가 0.383이었던 것에 반해, 본 발명의 대형 위상 시프트 마스크의 노광광의 콘트라스트는 0.423이 되어 0.04 콘트라스트가 높아지고, 콘트라스트의 비율로 말하면 약 10%의 개선이 보여졌다. 이 결과를 표 1의 대형 위상 시프트 마스크의 효과에 통합하여 기재하였다.

표 2

대형 위상 시프트 마스크의 효과

마스크 종류	마이너리 마스크	대형 위상 시프트 마스크
설계 방법	d = 3.0 μm e = 1.0 μm	a = 3.0 μm b = 0.4 μm c = 0.2 μm
광강도의 최댓값	0.782	0.747
광강도의 최솟값	0.399	0.324
콘트라스트	0.383	0.423
위상 시프트 마스크에 의해 콘트라스트는 0.04 (콘트라스트 값의 약 10%) 개선되었다.		

[0193]

[0194] 이상의 노광 시뮬레이션 결과로부터, 본 발명은 대형의 마스크에 있어서 제2 반투명 위상 시프트 영역을 적절하게 배치하고, 결상면에서의 노광 강도 분포의 콘트라스트를 개선하고, 보다 미세한 패턴을 안정되게 형성할 수 있다.

[0195] (노광기의 해상 한계와 위상 시프트 마스크의 묘화 패턴과의 관계에 대해서)

[0196] <위상 시프트 마스크의 제작>

[0197] 두께 10mm의 합성 석영(투명 기관), 두께 100nm의 크롬 막(차광막) 및 두께 25nm의 산화크롬막(반사 방지막)이 이 순서대로 적층된 시판되는 포토 마스크 블랭크스를 준비하고, 반사 방지막 위에 적용한 감광성 레지스트를 도포하고, 도포 후에 소정 시간 베이킹하고, 균일한 두께의 차광막용 레지스트막을 형성하였다. 다음으로 레이저 묘화 장치에 의해, 상기 차광막용 레지스트막에 차광 영역의 패턴을 묘화하고, 현상하여 차광막용 레지스트를 형성하였다.

[0198] 이어서, 차광막용 레지스트로부터 노출되어 있는 반사 방지막 및 차광막을 질산 제2세륨 암모늄에 과염소산을 첨가한 웨트에천트를 사용해서 에칭하여 제거하고, 잔존하고 있는 레지스트를 박리 제거하고, 차광 영역의 형상으로 패턴 형성된 차광막 및 반사 방지막부의 기관을 얻었다.

[0199] 이어서, 패턴 형성된 차광막 및 반사 방지막부 기관의 전체면에 산화질화크롬막(제2 반투명 위상 시프트막)을 스퍼터링법에 의해 성막하였다.

[0200] 이어서, 2회째의 패턴 형성 공정에 의해, 하층의 차광막 패턴인 차광 영역과 위치 정렬을 하고, 차광막용 레지스트와 마찬가지로 형성 방법에 의해, 제2 반투명 위상 시프트막용 레지스트막을 형성하였다. 이어서, 레이저 빔 묘화 장치에 의해, 제2 반투명 위상 시프트막용 레지스트막에 제2 반투명 위상 시프트 영역과 차광 영역을 맞춘 영역의 패턴을 묘화한 후, 현상하고, 패턴 형성된 제2 반투명 위상 시프트막용 레지스트를 얻었다.

[0201] 이어서, 제2 반투명 위상 시프트막용 레지스트로부터 노출되어 있는 제2 반투명 위상 시프트막을 상술한 차광막 및 반사 방지막과 마찬가지로 하여 에칭하여 제거하고, 제2 반투명 위상 시프트 영역과, 차광막 패턴을 맞춘 형상으로 패턴 가공된 제2 반투명 위상 시프트막을 얻었다. 계속해서, 잔존하고 있는 제2 반투명 위상 시프트막용의 레지스트막을 박리, 제거하였다. 이상의 공정에 의해, 투과 영역(선 폭 1.9μm), 제2 반투명 위상 시프트 영역(선 폭 2.0μm) 및 차광 영역이 배치되고, 차광 영역에서는 차광막 위로 반사 방지막 및 제2 반투명 위상 시프트막이 이 순서대로 적층되어 있는 대형 위상 시프트 마스크를 얻었다.

[0202] <레지스트 패턴의 제작>

[0203] 상술한 위상 시프트 마스크를 사용하고, 해상 한계가 3μm인 Nikon제 노광기를 사용하여, 유리 기재 상에 형성된 두께 1.6μm의 레지스트(AZ1500)를 패턴 노광하고, 현상 처리를 행한 바, 1.9μm의 레지스트 패턴을 형성할 수 있었다.

[0204] (위상 시프트 마스크에 있어서의 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭에 대해서)

[0205] 도 13은, 에지 위상 시프트 영역을 갖는 대형 위상 시프트 마스크의 패턴을 도시하는 평면도, 도 14는, 도 13에

나타낸 대형 위상 시프트 마스크의 결상면에서의 노광 강도 분포를 도시하는 도면이며, 도 15는 도 14의 C 부분의 확대도, 도 16은 도 14의 D 부분의 확대도이다.

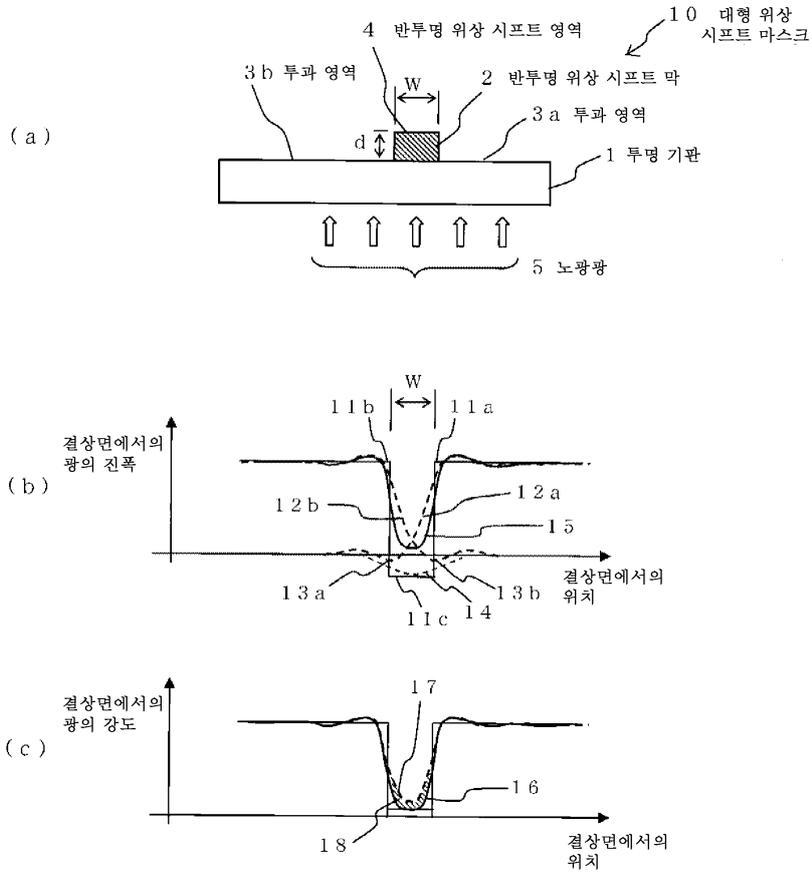
- [0206] 대형 위상 시프트 마스크로서는 투과 영역의 폭을 $5\mu\text{m}$ 로 하고, 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭(b)을, $0.25\mu\text{m}$ (참고예 3), $0.5\mu\text{m}$ (참고예 4), $0.75\mu\text{m}$ (참고예 5), $1.0\mu\text{m}$ (참고예 6), $1.5\mu\text{m}$ (참고예 7), $2.0\mu\text{m}$ (참고예 8), $2.5\mu\text{m}$ (참고예 9), $3.0\mu\text{m}$ (참고예 10), $3.5\mu\text{m}$ (참고예 11) 및 $4.0\mu\text{m}$ (참고예 12)로 했을 경우의 Nikon사제 노광기에 의한 노광 강도 분포(광강도)에 대하여 시뮬레이션을 행하였다. 또한, 상기 대형 위상 시프트 마스크의 패턴 이외의 시뮬레이션 조건에 대해서는 참고예 1과 마찬가지로 하였다. 결과를 도 14 내지 도 16에 나타내었다.
- [0207] 도 15에 도시되는 노광 강도가 작을수록, 도 14에 도시되는 파형이 샤프해져 있는 것을 나타내지만, 대형 위상 시프트 마스크의 패턴 에지의 위치에서의 위상 시프트 효과에 대해서는, 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭이 $2.0\mu\text{m}$ 를 초과하면 그 이상의 효과는 보이지 않았다(위상 시프트 효과가 한계점이 되었다).
- [0208] 또한, 도 16에 도시된 바와 같이, 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭이 커지는 것에 따라서, 사이드 피크의 값이 커졌다.
- [0209] 본 발명에 있어서는, 레지스트의 감도에 따라서 사이드 피크가 레지스트에 영향을 주지 않도록 제2 반투명 위상 시프트 영역의 폭을 설정할 수 있다.
- [0210] 이러한 위상 시프트의 폭에 대해서는, TFT 어레이 기판을 형성할 때에 사용되는 레지스트의 실적으로부터 사이드 피크의 노광 강도가 5% 이하로 되는 폭, 즉 $0.25\mu\text{m}$ 내지 $3.5\mu\text{m}$ 이 범위 내로 하는 것이 바람직하다.

부호의 설명

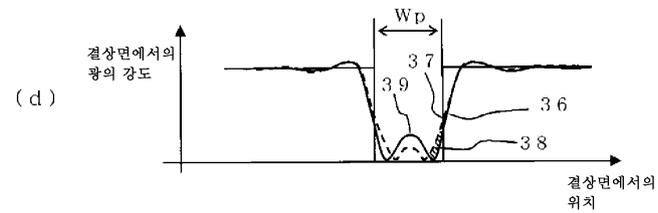
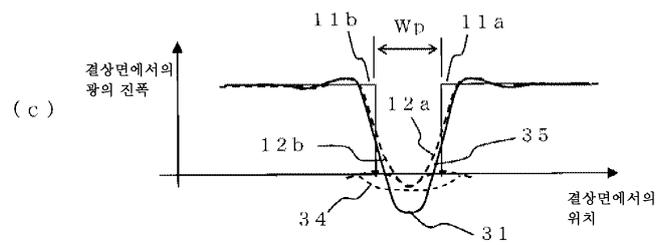
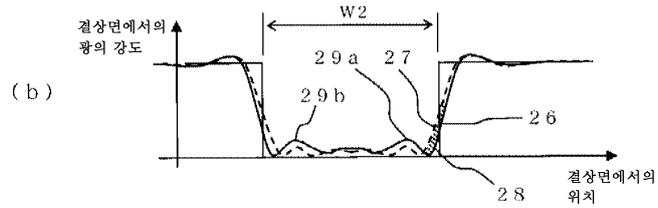
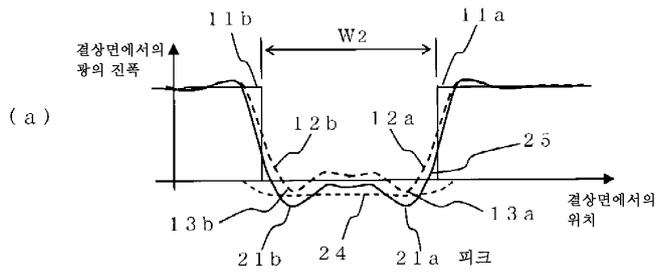
- [0211] 1... 투명 기판
- 2... 반투명 위상 시프트막
- 3, 3a, 3b... 투과 영역
- 4... 반투명 위상 시프트 영역
- 5... 노광광
- 10, 40, 50, 60... 대형 위상 시프트 마스크
- 11a, 11b... 투과 영역을 투과한 광의 광진폭 분포
- 11c... 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 광의 광진폭 분포
- 12a, 12b... 투과 영역을 투과한 광의 결상면에서의 광진폭 분포
- 13a, 13b... 광진폭 분포의 사이드로브의 피크
- 14, 24, 34... 반투명 위상 시프트 영역을 투과한 광의 결상면에서의 광진폭 분포
- 15, 25, 35... 대형 위상 시프트 마스크를 투과한 광의 결상면에서의 광진폭 분포
- 16, 26, 36, 56, 66... 대형 위상 시프트 마스크를 투과한 광의 결상면에서의 광강도 분포
- 17, 27, 37, 57, 67... 바이너리 마스크를 투과한 광의 결상면에서의 광강도분포
- 18, 28, 38... 대형 위상 시프트 마스크의 콘트라스트 향상 효과
- 21a, 21b, 31... 결상면에서의 광진폭 분포의 피크
- 29a, 29b, 39... 결상면에서의 광강도 분포의 피크(사이드 피크)
- 41... 포토 마스크 블랭크스
- 42... 레지스트

도면

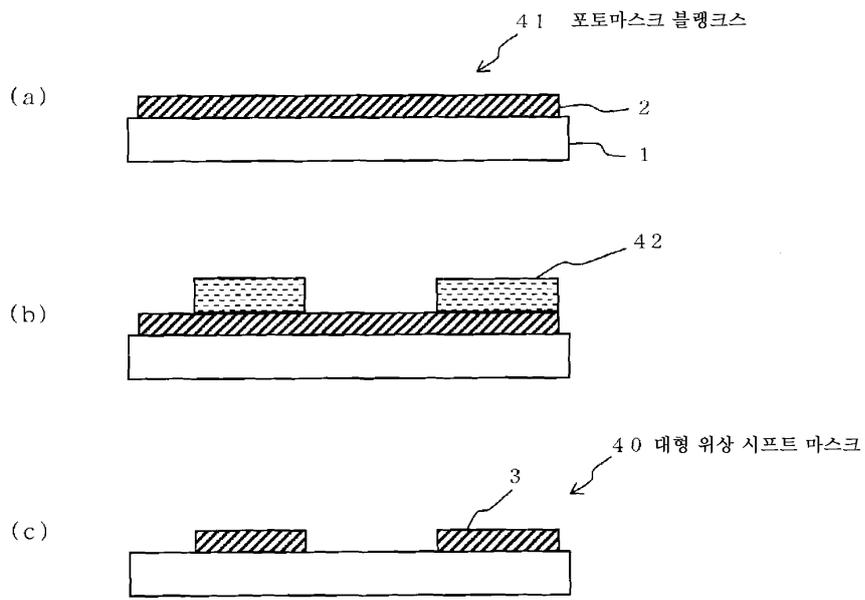
도면1



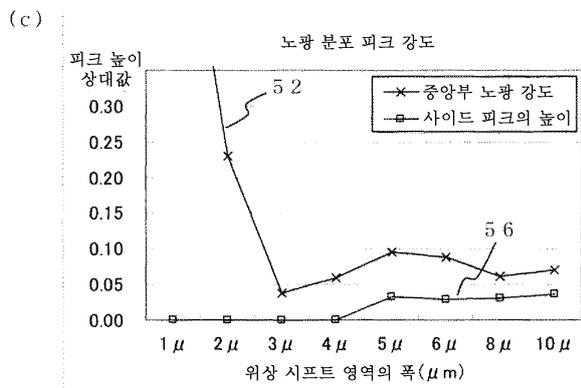
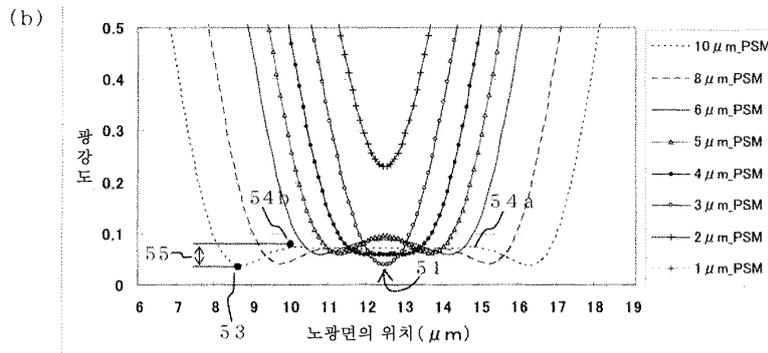
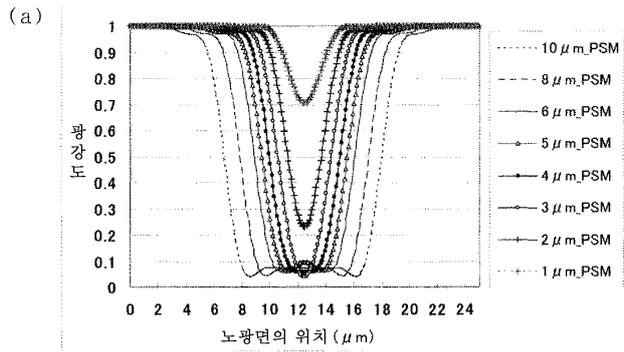
도면2



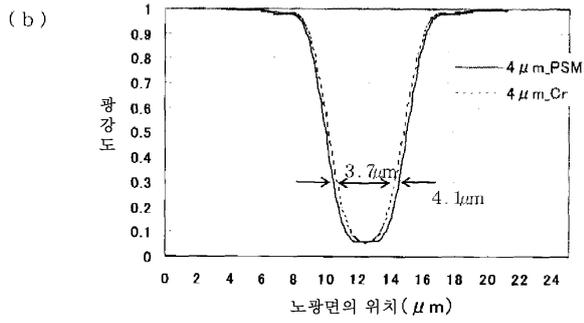
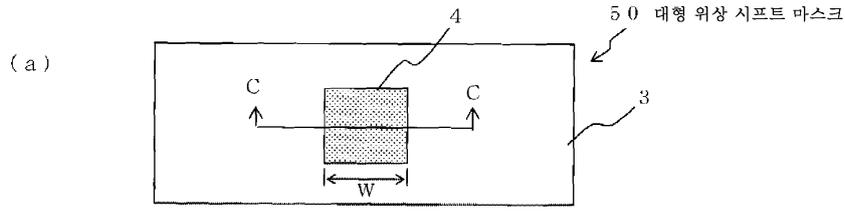
도면3



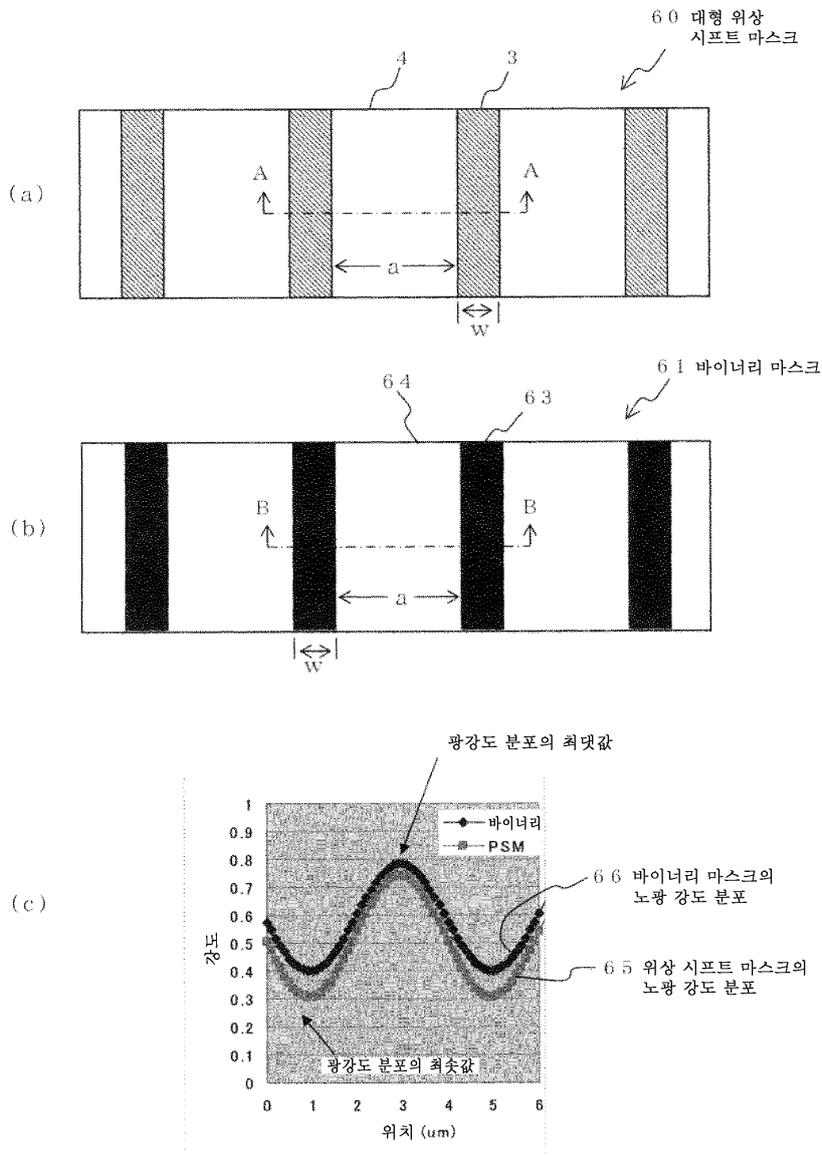
도면4



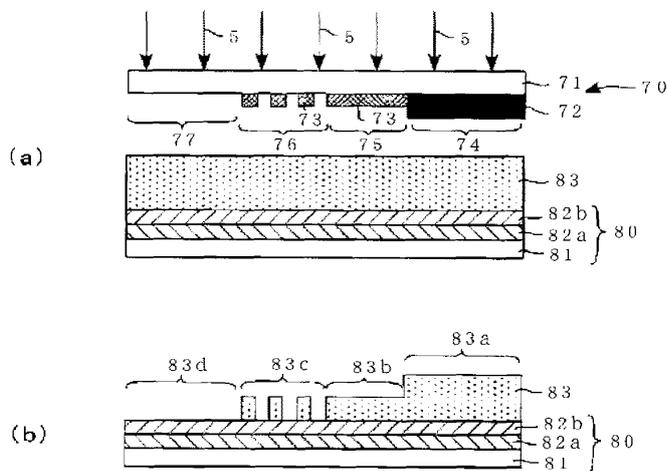
도면5



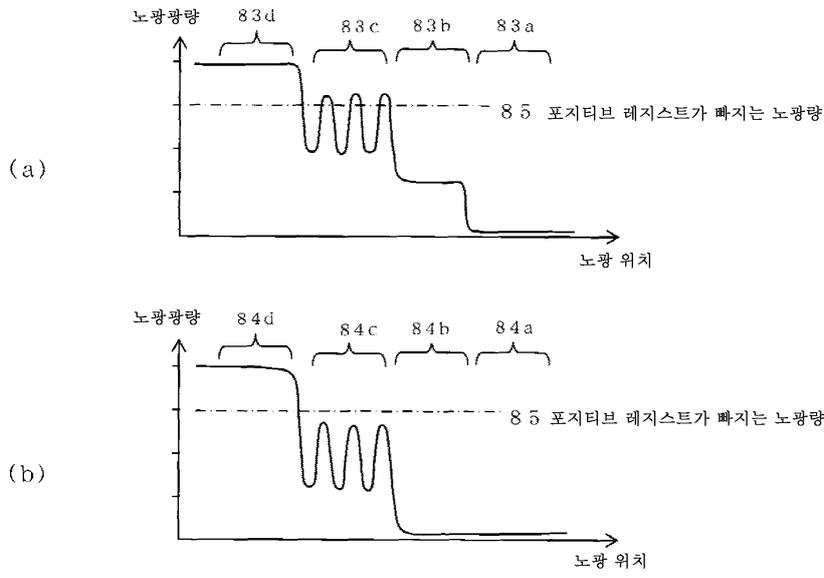
도면6



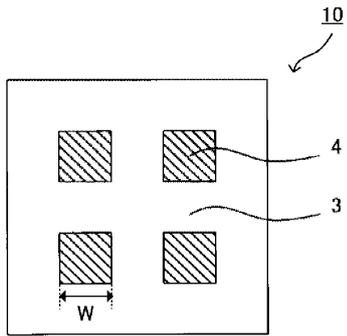
도면7



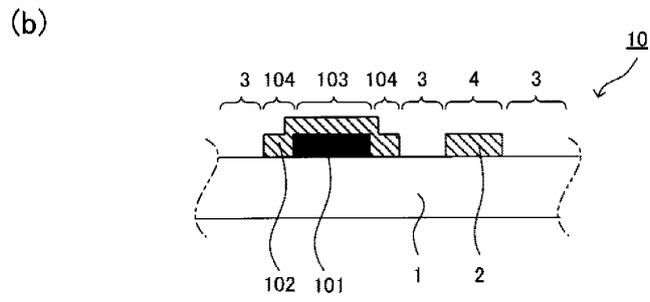
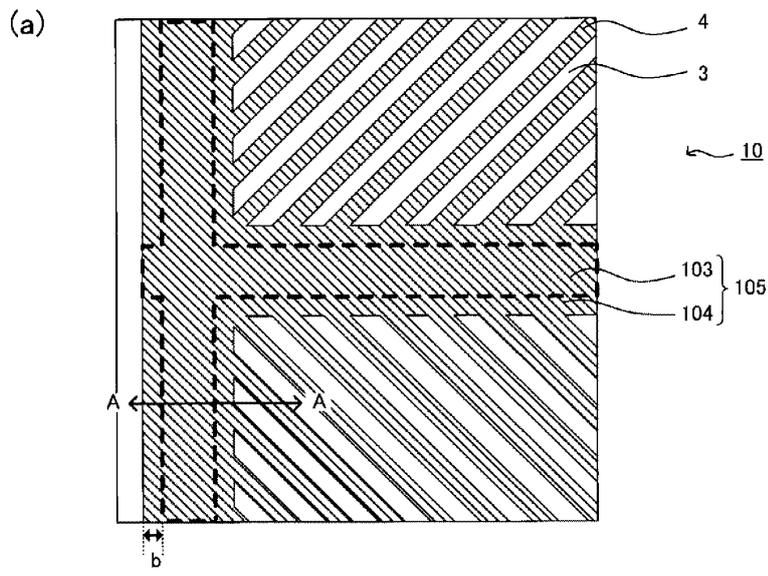
도면8



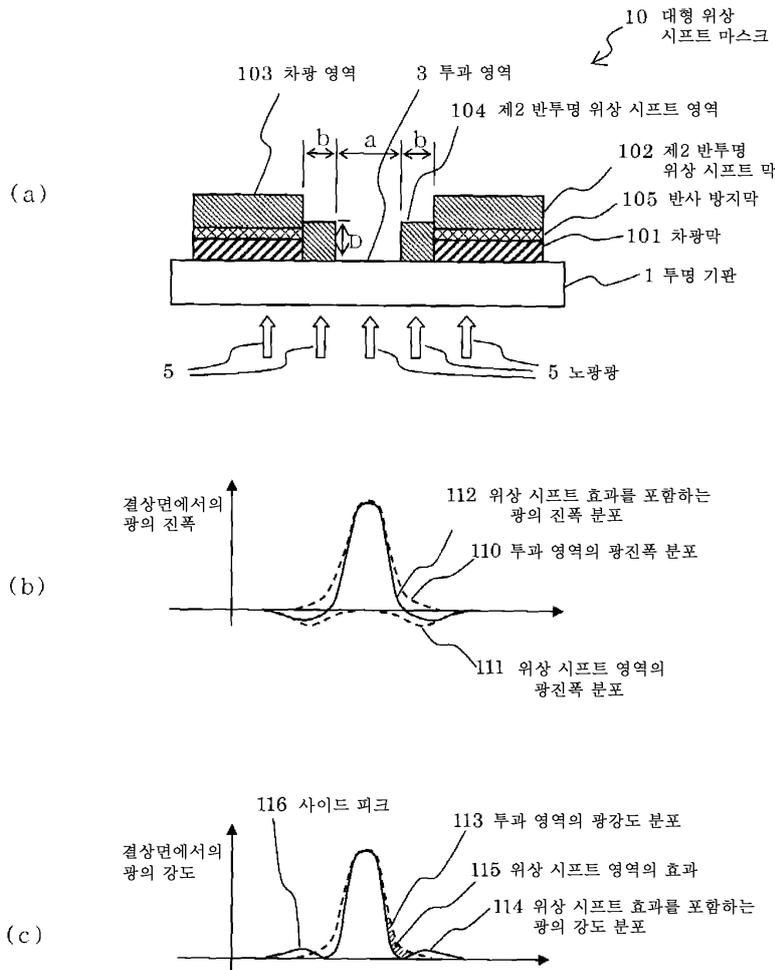
도면9



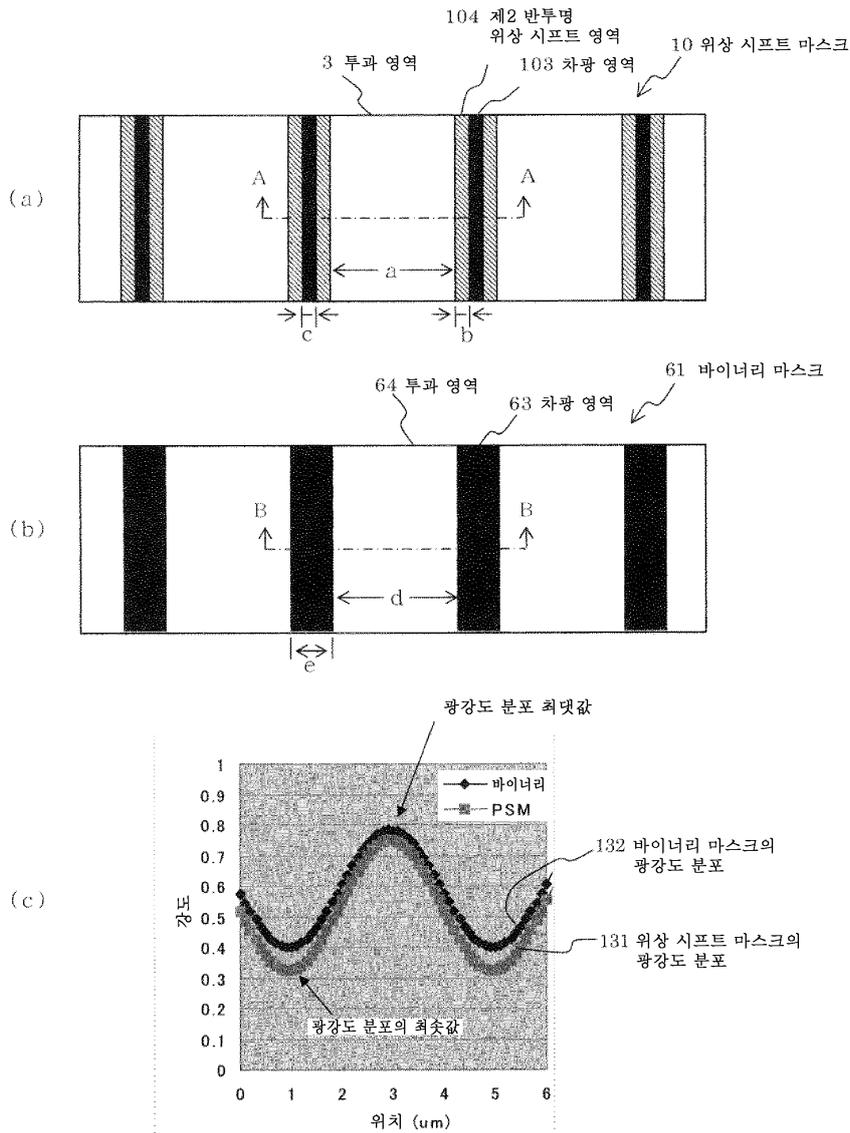
도면10



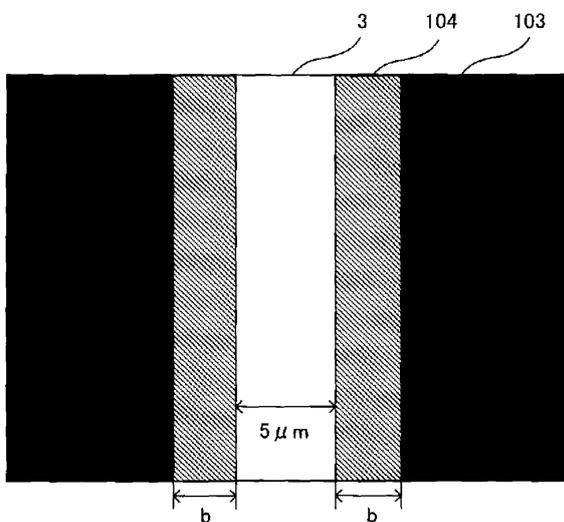
도면11



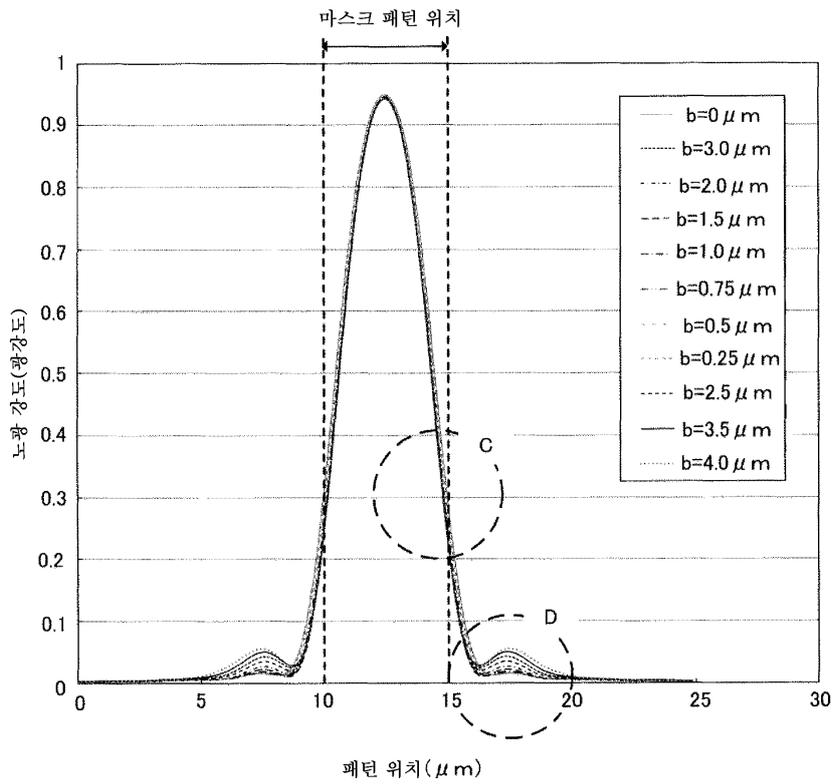
도면12



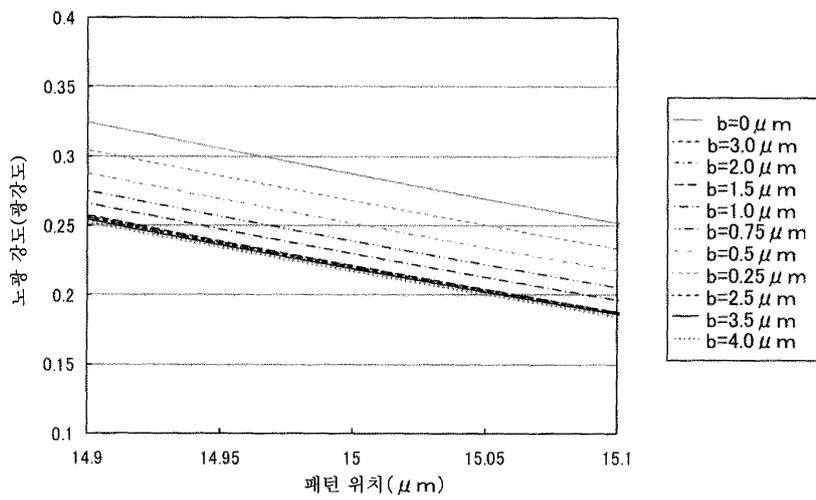
도면13



도면14



도면15



도면16

