



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0037806
(43) 공개일자 2016년04월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G03F 1/26 (2012.01) *G02F 1/136* (2006.01)
G03F 1/32 (2012.01) *G03F 1/34* (2012.01)
G03F 7/20 (2006.01) *H01L 27/32* (2006.01)

(52) CPC특허분류

G03F 1/26 (2013.01)
G02F 1/136 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0136927

(22) 출원일자 2015년09월25일

심사청구일자 2015년09월25일

(30) 우선권주장

JP-P-2014-199013 2014년09월29일 일본(JP)

(71) 출원인

호야 가부시키가이샤

일본국 도쿄도 신주쿠구 나카오찌아이 2쵸메 7-5

(72) 발명자

이마시끼, 노부히사

일본 도쿄도 신주쿠구 나카오찌아이 2조메 7-5 호
야 가부시키가이샤 내

요시까와, 유파까

일본 도쿄도 신주쿠구 나카오찌아이 2조메 7-5 호
야 가부시키가이샤 내

스가와라 히로유키

일본 미야기켄 구리하라시 가나리 오바사마 가나
누마 9 지오마텍 가부시키가이샤 내

(74) 대리인

양영준, 이중희

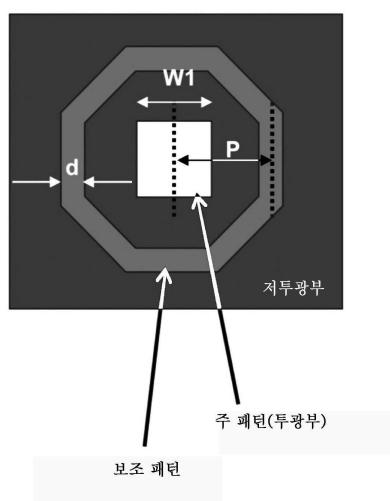
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **포토마스크 및 표시 장치의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은, 표시 장치 제조용 마스크의 노광 환경에 유리하게 적합하고, 미세한 패턴을 안정적으로 전사할 수 있는 우수한 포토마스크 및 그 제조 방법을 얻을 수 있다. 투명 기판 상에 형성된 전사용 패턴을 구비하는 포토마스크로서, 상기 전사용 패턴은, 직경 $W1(\mu\text{m})$ 의 주 패턴과, 상기 주 패턴의 근방에 배치된, 폭 $d(\mu\text{m})$ 의 보조 패턴과, 상기 주 패턴 및 상기 보조 패턴이 형성되는 이외의 영역에 배치된 저투광부를 갖고, 상기 주 패턴 및 상기 보조 패턴을 투과하는 대표 파장의 위상차가 대략 180도이며, 직경 $W1$, 폭 d , 상기 보조 패턴의 투과율 $T1(\%)$, 상기 저투광부의 투과율 $T3(\%)$ 및 상기 주 패턴의 중심과 상기 보조 패턴의 폭 방향의 중심과의 거리 $P(\mu\text{m})$ 가 소정의 관계를 갖는 포토마스크이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

G03F 1/32 (2013.01)

G03F 1/34 (2013.01)

G03F 7/70958 (2013.01)

H01L 27/3262 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

투명 기판 상에 형성된 전사용(轉寫用) 패턴을 구비하는 포토마스크로서, 상기 전사용 패턴은,

직경 $W1(\mu\text{m})$ 의 주 패턴과,

상기 주 패턴의 근방에 배치된, 폭 $d(\mu\text{m})$ 의 보조 패턴과,

상기 주 패턴 및 상기 보조 패턴이 형성되는 이외의 영역에 배치된 저투광부를 갖고,

상기 주 패턴을 투과하는 i선 내지 g선의 파장 범위에 있는 대표 파장과, 상기 보조 패턴을 투과하는 상기 대표 파장과의 위상차가 대략 180도이며,

상기 보조 패턴을 투과하는 상기 대표 파장의 광투과율을 $T1(\%)$ 로 하고,

상기 저투광부를 투과하는 상기 대표 파장의 광투과율을 $T3(\%)$ 로 하고,

상기 주 패턴의 중심과, 상기 보조 패턴의 폭 방향의 중심과의 거리를 $P(\mu\text{m})$ 로 할 때, 다음의 수학식 1 내지 4

[수학식 1]

$$0.8 \leq W1 \leq 4.0$$

[수학식 2]

$$0.5 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.5$$

[수학식 3]

$$1.0 < P \leq 5.0$$

[수학식 4]

$$T3 < T1$$

를 충족하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판 상에, 상기 대표 파장의 광에 대한 투과율이 $T1(\%)$ 의 반투광막이 형성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 반투광막의 상기 투과율 $T1(\%)$ 이, 다음의 수학식 5

[수학식 5]

$$30 \leq T1 \leq 80$$

를 충족하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 보조 패턴의 폭 d 가 $1(\mu\text{m})$ 이상인 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 5

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 이루어지고,
상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막이 형성되어 이루어지고,
상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막과, 상기 대표 파장의 광투과율이 $T2(\%)$ 인 저투광막이, 이 순서대로, 또는, 이 반대의 순서로 적층(積層)되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 6

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 이루어지고,
상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막이 형성되어 이루어지고,
상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막과, 상기 대표 파장의 광투과율이 $T2(\%)$ 인 저투광막이, 이 순서대로, 또는, 이 반대의 순서로 적층되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 7

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 반투광막은, Zr, Nb, Hf, Ta, Mo 및 Ti 중 적어도 1개와 Si를 포함하는 재료, 또는, 이들 재료의 산화물, 질화물, 산화질화물, 탄화물, 또는 산화질화탄화물을 포함하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 8

제1항에 있어서,
상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판이 노출되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 9

제8항에 있어서,
상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 이루어지고, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 이루어지고,
상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 대표 파장의 광투과율이 $T3(\%)$ 인 저투광막이 형성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 10

제8항에 있어서,
상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 이루어지고,
상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 이루어지고,
상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 대표 파장의 광투과율이 $T3(\%)$ 인 저투광막이 형성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 11

제1항 내지 제3항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 주 패턴에 대응하여, 피전사체 상에, 전사 직경 $W2$ 가 $3.0(\mu\text{m})$ 이하(단 $W1>W2$)인 홀 패턴을 형성하는 것인 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 주 패턴의 상기 직경 $W1$ 과, 상기 피전사체 상의 상기 전사 직경 $W2$ 와의 차이인 $W1-W2$ 를 바이어스 $\beta(\mu\text{m})$ 로 할 때,

[수학식 6]

$$0.2 \leq \beta \leq 1.0$$

인 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 13

제1항 내지 제3항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저투광부의, 상기 대표 파장의 광에 대한 상기 투과율 $T3(%)$ 가,

[수학식 7]

$$T3 < 30$$

을 충족하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 14

제1항 내지 제3항, 제8항 및 제9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 저투광부는, 상기 대표 파장의 광을 실질적으로 투과하지 않는 것인 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 15

제1항 내지 제3항 및 제8항 내지 제10항 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크를 준비하는 공정과,

개구수(NA)가 0.08 내지 0.20이며, i선, h선 및 g선 중 적어도 하나를 포함하는 노광 광원을 갖는 노광 장치를 사용해서, 상기 전사용 패턴을 노광하고, 피전사체 상에, 직경 $W2$ 가 0.6 내지 $3.0(\mu\text{m})$ 인 홀 패턴을 형성하는 공정을 포함하는 표시 장치의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 액정이나 유기 EL로 대표되는, 표시 장치의 제조에 유리하게 사용되는 포토마스크 및 그것을 사용한 표시 장치의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 특허문헌 1에는, 반도체 장치의 제조에 사용되는 포토마스크로서, 주 투광부(홀 패턴)의 각 변에 평행하게, 4개의 보조 투광부가 배치되고, 주 투광부와 보조 투광부의 광 위상이 반전되도록 한 위상 시프트 마스크가 기재되어 있다.

[0003] 특허문헌 2에는, 투명 기판과, 상기 투명 기판 상에 형성된 반투명한 위상 시프트막을 갖는 대형 위상 시프트 마스크가 기재되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 평3-15845호 공보
 (특허문헌 0002) 일본 특허 공개 제2013-148892호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 현재, 액정 표시 장치나 EL 표시 장치 등을 포함하는 표시 장치에 있어서는, 보다 밝고, 또한 전력 절약화임과 함께, 고정밀, 고속 표시, 광시야각 등의 표시 성능의 향상이 요망되고 있다.
- [0006] 예를 들어, 상기 표시 장치에 사용되는 박막 트랜지스터(Thin Film Transistor, 「TFT」)라고 하면, TFT를 구성하는 복수의 패턴 중, 충간 절연막에 형성된 콘택트 홀이, 확실하게 상층 및 하층의 패턴을 접속시키는 작용을 갖지 않으면 올바른 동작이 보증되지 않는다. 그 한편, 표시 장치의 개구율을 최대한 크게 하여, 밝고, 전력 절약화의 표시 장치로 하기 위해서는, 콘택트 홀의 직경이 충분히 작은 것이 요구된다. 이에 수반하여, 이와 같은 콘택트 홀을 형성하기 위한 포토마스크가 구비하는 홀 패턴의 직경도 미세화(예를 들어 3 μ m 미만)가 요망되고 있다. 예를 들어, 직경이 2.5 μ m 이하, 나아가서는, 직경이 2.0 μ m 이하인 홀 패턴이 필요해지고, 가까운 장래, 이를 하회하는 1.5 μ m 이하의 직경을 갖는 패턴의 형성도 요망된다고 생각된다. 이러한 배경에 의해, 미소한 콘택트 홀을 확실하게 전사 가능하게 하는, 표시 장치의 제조 기술이 필요해지고 있다.
- [0007] 그런데, 표시 장치에 비해, 집적도가 높고, 패턴의 미세화가 현저하게 진행된 반도체 장치(LSI) 제조용 포토마스크의 분야에서는, 높은 해상성을 얻기 위해, 노광 장치에는 고NA(Numerical Aperture)(예를 들어 0.2 이상)의 광학계를 적용하고, 노광광의 단파장화가 진행된 경위가 있고, KrF나 ArF의 엑시머 레이저(각각, 248nm, 193nm의 단일 파장)이 사용되도록 되었다.
- [0008] 그 한편, 표시 장치 제조용의 리소그래피 분야에서는, 해상성 향상을 위해, 상기와 같은 방법이 적용되는 것은, 일반적이지 않았다. 오히려, LCD(liquid crystal display, 액정 표시 장치)용 등으로서 알려지는 노광 장치의 NA는, 0.08 내지 0.10 정도이고, 노광 광원도 i선, h선, g선을 포함하는, 브로드 파장 영역을 사용함으로써, 해상성이나 초점 심도보다는 오히려, 생산 효율, 비용을 중시해 온 경향이 있다.
- [0009] 그러나, 상기와 같이 표시 장치 제조에 있어서도, 패턴의 미세화 요청이 종래에 없이 높아지고 있다. 여기서, 반도체 장치 제조용의 기술을, 표시 장치 제조에 그대로 적용하는 것에는, 몇 가지의 문제가 있다. 예를 들어, 고NA(개구수)를 갖는 고해상도의 노광 장치에의 전환에는, 큰 투자가 필요하게 되고, 표시 장치의 가격과의 정합성이 얻어지지 않는다. 혹은, 노광 파장의 변경(ArF 엑시머 레이저와 같은 단파장을, 단일 파장으로 사용함)에 대해서는, 대면적을 갖는 표시 장치에의 적용 자체가 곤란한 데다가, 가령 적용하면, 생산 효율이 저하되는 것 외에, 역시 상당한 투자를 필요로 하는 점에서 부적합하다.
- [0010] 또한, 표시 장치용의 포토마스크에는, 후술하는 바와 같이, 반도체 장치 제조용의 포토마스크와 다른, 제조상의 제약이나 특유한 각종 과제가 있다.
- [0011] 상기 사정으로부터, 특허문헌 1의 포토마스크를 그대로 표시 장치 제조용에 전용하는 것에는 현실적으로는 곤란함이 있다. 또한, 특허문헌 2에 기재된 하프톤형 위상 시프트 마스크는, 바이너리 마스크에 비교하여 광강도 분포가 향상된다고 하는 기재가 있지만, 또한 성능 향상의 여지가 있다.
- [0012] 따라서, 표시 장치 제조용 마스크를 사용한 표시 장치의 제조 방법에 있어서, 상기 과제를 극복하고, 미세한 패턴으로서, 광전사체 상에의 전사를 안정적으로 행하는 것이 요망되고 있었다. 따라서 본 발명은, 표시 장치 제조용 마스크의 노광 환경에 유리하게 적합하고, 미세한 패턴을 안정적으로 전사할 수 있는 우수한 포토마스크 및 그 제조 방법을 얻는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0013] 본 발명은, 상기 과제를 해결하기 위해, 이하의 구성을 갖는다. 본 발명은, 하기의 구성 1 내지 14인 것을 특징으로 하는 포토마스크, 다음의 구성 15인 것을 특징으로 하는 표시 장치의 제조 방법이다.

[0014] (구성 1)

본 발명의 구성 1은, 투명 기판 상에 형성된 전사용 패턴을 구비하는 포토마스크로서, 상기 전사용 패턴은, 직경 $W1(\mu\text{m})$ 의 주 패턴과, 상기 주 패턴의 근방에 배치된, 폭 $d(\mu\text{m})$ 의 보조 패턴과, 상기 주 패턴 및 상기 보조 패턴이 형성되는 이외의 영역에 배치된 저투광부를 갖고, 상기 주 패턴을 투과하는 i선 내지 g선의 과장 범위에 있는 대표 과장과, 상기 보조 패턴을 투과하는 상기 대표 과장과의 위상차가 대략 180도이며, 상기 보조 패턴을 투과하는 상기 대표 과장의 광투과율을 $T1(\%)$ 로 하고, 상기 저투광부를 투과하는 상기 대표 과장의 광투과율을 $T3(\%)$ 으로 하고, 상기 주 패턴의 중심과, 상기 보조 패턴의 폭 방향의 중심과의 거리를 $P(\mu\text{m})$ 로 할 때, 하기의 수학식 1 내지 4를 충족하는 것을 특징으로 하는 포토마스크이다.

[0016] [수학식 1]

$$0.8 \leq W1 \leq 4.0$$

[0018] [수학식 2]

$$0.5 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.5$$

[0020] [수학식 3]

$$1.0 < P \leq 5.0$$

[0022] [수학식 4]

$$T3 < T1$$

[0024] (구성 2)

본 발명의 구성 2는, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판 상에, 상기 대표 과장의 광에 대한 투과율이 $T1(\%)$ 의 반투광막이 형성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 1에 기재된 포토마스크이다.

[0026] (구성 3)

본 발명의 구성 3은, 상기 반투광막의 상기 투과율 $T1(\%)$ 이, 하기의 수학식 5를 충족하는 것을 특징으로 하는, 구성 2에 기재된 포토마스크이다.

[0028] [수학식 5]

$$3.0 \leq T1 \leq 8.0$$

[0030] (구성 4)

본 발명의 구성 4는, 상기 보조 패턴의 폭 d 가 $1(\mu\text{m})$ 이상인 것을 특징으로 하는, 구성 2 또는 3에 기재된 포토마스크이다.

[0032] (구성 5)

본 발명의 구성 5는, 상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 이루어지고, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막이 형성되어 이루어지고, 상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막과, 상기 대표 과장의 광투과율이 $T2(\%)$ 인 저투광막이, 이 순서대로, 또는, 이 반대의 순서로 적층되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 포토마스크이다.

[0034] (구성 6)

본 발명의 구성 6은, 상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 이루어지고, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막이 형성되어 이루어지고, 상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 반투광막과, 상기 대표 과장의 광투과율이 $T2(\%)$ 인 저투광막이, 이 순서대로, 또는, 이 반대의 순서로 적층되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 2 내지 4 중 어느 하나에 기재된 포토마스크이다.

[0036] (구성 7)

본 발명의 구성 7은, 상기 반투광막은, Zr, Nb, Hf, Ta, Mo 및 Ti 중 적어도 1개와, Si를 포함하는 재료, 또는, 이들 재료의 산화물, 질화물, 산화질화물, 탄화물, 또는 산화질화탄화물을 포함하는 재료로 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 2 내지 6 중 어느 하나에 기재된 포토마스크이다.

[0038] (구성 8)

본 발명의 구성 8은, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판이 노출되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 1에 기재된 포토마스크이다.

[0040] (구성 9)

본 발명의 구성 9는, 상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 이루어지고, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 이루어지고, 상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 대표 광장의 광투과율이 T3(%)인 저투광막이 형성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 8에 기재된 포토마스크이다.

[0042] (구성 10)

본 발명의 구성 10은, 상기 주 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 이루어지고, 상기 보조 패턴은, 상기 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 이루어지고, 상기 저투광부는, 상기 투명 기판 상에, 상기 대표 광장의 광투과율이 T3(%)인 저투광막이 형성되어 이루어지는 것을 특징으로 하는, 구성 8에 기재된 포토마스크이다.

[0044] (구성 11)

본 발명의 구성 11은, 상기 주 패턴에 대응하여, 피전사체 상에, 전사 직경 W2가 $3.0(\mu\text{m})$ 이하(단 $W1 > W2$)인 홀 패턴을 형성하는 것인 것을 특징으로 하는, 구성 1 내지 10 중 어느 하나에 기재된 포토마스크이다.

[0046] (구성 12)

본 발명의 구성 12는, 상기 주 패턴의 상기 직경 W1과, 상기 피전사체 상의 상기 전사 직경 W2와의 차 W1-W2를 바이어스 $\beta(\mu\text{m})$ 로 할 때,

[수학식 6]

$$0. 2 \leq \beta \leq 1. 0$$

[0049] [0050] 인 것을 특징으로 하는, 구성 11에 기재된 포토마스크이다.

[0051] (구성 13)

[0052] 본 발명의 구성 13은, 상기 저투광부의, 상기 대표 광장의 광에 대한 상기 투과율 T3(%)이,

[수학식 7]

$$T 3 < 3 0$$

[0054] [0055] 을 충족하는 것을 특징으로 하는, 구성 1 내지 12 중 어느 한 항에 기재된 포토마스크이다.

[0056] (구성 14)

본 발명의 구성 14는, 상기 저투광부는, 상기 대표 광장의 광을 실질적으로 투과하지 않는 것인 것을 특징으로 하는, 구성 1 내지 12 중 어느 하나에 기재된 포토마스크이다.

[0058] (구성 15)

본 발명의 구성 15는, 구성 1 내지 14 중 어느 하나에 기재된 포토마스크를 준비하는 공정과, 개구수(NA)가 0.08 내지 0.20이며, i선, h선 및 g선 중 적어도 하나를 포함하는 노광 광원을 갖는 노광 장치를 사용해서, 상기 전사용 패턴을 노광하고, 피전사체 상에, 직경 W2가 0.6 내지 $3.0(\mu\text{m})$ 인 홀 패턴을 형성하는 공정을 포함하는, 표시 장치의 제조 방법이다.

발명의 효과

[0060]

본 발명에 따르면, 표시 장치 제조용 마스크의 노광 환경에 유리하게 적합하고, 미세한 패턴을 안정적으로 전사할 수 있는 우수한 포토마스크 및 그 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0061]

도 1은 본 발명의 포토마스크의 일례의, 평면 모식도이다.

도 2는 본 발명의 포토마스크의 다른 예의, 평면 모식도 (a) 내지 (f)이다.

도 3은 본 발명의 포토마스크의 층 구성의 예 (a) 내지 (f)이다.

도 4는 본 발명의 포토마스크의 제조 공정의 일례를 도시하는 단면 모식도 및 평면 모식도이다.

도 5는 비교예 1-1 및 1-2와 실시예 1의 포토마스크의 평면 모식도, 치수 및 광학 시뮬레이션에 의한 전사 성능을 도시하는 도면이다.

도 6은 비교예 1-1 및 1-2와 실시예 1의 포토마스크를 사용한 경우의 (a) 피전사체 상에 형성되는 광강도의 공간상 및 (b) 그에 의해 형성되는 레지스트 패턴의 단면 형상을 도시하는 도면이다.

도 7은 비교예 2-1 및 2-2와 실시예 2의 포토마스크의 평면 모식도, 치수 및 광학 시뮬레이션에 의한 전사 성능을 도시하는 도면이다.

도 8은 비교예 2-1 및 2-2와 실시예 2의 포토마스크를 사용한 경우의 (a) 피전사체 상에 형성되는 광강도의 공간상 및 (b) 그에 의해 형성되는 레지스트 패턴의 단면 형상을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0062]

포토마스크가 갖는 전사용 패턴의 CD(Critical Dimension, 이하 패턴 선폭의 의미로 사용함)가 미세화되면, 이를 정확하게 피전사체(예칭 가공하고자 하는 박막 등, 피가공체라고도 함)에 전사하는 공정의 실시는 보다 곤란해진다. 표시 장치용의 노광 장치에 사양으로서 나타난 해상 한계는, 대부분의 경우 2 내지 $3\mu\text{m}$ 정도이다. 이에 대해, 형성하고자 하는 전사용 패턴 중에는, 이미 이에 근접하거나, 혹은 이를 하회하는 치수의 것이 출현하고 있다. 또한, 표시 장치 제조용 마스크는, 반도체 장치 제조용 마스크에 비교하여 면적이 크기 때문에, 실제 생산상, $3\mu\text{m}$ 미만의 CD를 갖는 전사용 패턴을 면 내 균일하게 전사하는 것에는 큰 곤란함이 있다.

[0063]

따라서, 순수한 해상도(노광 파장, 노광 광학계의 개구수에 의한) 이외의 요소를 고안함으로써, 실효적인 전사 성능을 인출하는 것이 필요해진다.

[0064]

또한, 피전사체(플랫 패널 디스플레이 기판)의 면적이 크기 때문에, 노광에 의한 패턴 전사의 공정에서는, 피전사체의 표면 평탄도에 기인하는 디포커스가 발생하기 쉬운 환경이라고도 말할 수 있다. 이 환경 하에서, 노광 시의 초점의 여유도(DOF)를 충분히 확보하는 것은, 매우 의미가 있다.

[0065]

또한, 표시 장치 제조용의 포토마스크는, 주지한 바와 같이 사이즈가 크고, 포토마스크 제조 공정에 있어서의 웨트 처리(현상이나 웨트 에칭)에 있어서는, 면 내의 여러 위치에서, CD(선 폭)의 균일성을 확보하는 것은 용이하지는 않는다. 최종적인 CD 정밀도를, 규정된 허용 범위 내에 수용하기 위해서도, 노광 공정에서의 충분한 초점 심도(DOF)의 확보가 긴요하고, 또한 이에 수반해서 다른 성능이 열화되지 않는 것이 바람직하다.

[0066]

본 발명은, 투명 기판 상에 성막된, 반투광막 및 저투광막을 각각 패터닝함으로써 형성된 전사용 패턴을 구비하는 포토마스크이다. 본 발명의 포토마스크가 갖는 전사용 패턴의 평면 모식도를, 도 1에 예시한다.

[0067]

도 1에 도시하는 바와 같이, 투명 기판 상에 형성된 전사용 패턴은, 직경 $W1(\mu\text{m})$ 의 주 패턴과, 주 패턴의 근방에 배치된 폭 $d(\mu\text{m})$ 의 보조 패턴을 포함한다. 또한, 상기 주 패턴 및 상기 보조 패턴이 형성되는 이외의 영역에는, 저투광부가 형성되어 있다.

[0068]

여기서, 보조 패턴을 투과하는, i 선 내지 g 선의 파장 영역 내의 대표 파장의 광에 대한 투과율을 $T1$, 저투광부를 투과하는, 해당 대표 파장의 광에 대한 투과율을 $T3$ 으로 한다. 또한, 주 패턴의 중심과, 상기 보조 패턴의 폭 방향의 중심과의 거리를 $P(\mu\text{m})$ 로 한다. 이때, 본 발명의 포토마스크는, 이하의 관계를 충족한다.

[0069] [수학식 1]

$$0.8 \leq W1 \leq 4.0$$

[0071] [수학식 2]

$$0.5 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.5$$

[0073] [수학식 3]

$$1.0 < P \leq 5.0$$

[0075] [수학식 4]

$$T3 < T1$$

[0077] 상기의 식 중, T1은, 바람직하게는 $T1 \geq 30$ 이다.

[0078] 또한, 여기서 말하는 광투과율 T1 및 T3은, 투명 기판의 투과율을 기준으로 했을 때의 것이며, 해당하는 부분의 총 구성에 의해 결정되는 것이다.

[0079] 이와 같은 전사용 패턴의 단면 모식도는, 예를 들어, 도 3의 (a)에 도시하는 것으로 할 수 있다. 이를, 본 발명의 포토마스크의 제1 형태로 하고, 도 3의 (a)를 참조하여 설명한다.

[0080] 본 형태에서는, 주 패턴은, 투명 기판이 노출된 투광부를 포함한다. 또한, 주 패턴에, 투과율이 높은 막이 형성되어도 좋다. 그러나, 최대의 투과율을 얻을 수 있는 점에서, 주 패턴에는, 투과율이 높은 막을 형성하지 않고, 투명 기판이 노출된 구성으로 하는 것이 바람직하다.

[0081] 또한, 본 형태의 보조 패턴은, 투명 기판 상에 반투광막이 형성된, 반투광부를 포함한다. 이 반투광막은, i선 내지 g선의 과장 범위에 있는 대표 과장의 광을 대략 180도 시프트하는 위상 시프트량을 갖고, 대표 과장에 대한 투과율 T1(%)을 갖는다. 또한, 주 패턴 및 보조 패턴을 둘러싸는 부분은, 투명 기판 상에, 적어도 저투광막이 형성된, 저투광부로 되어 있다. 즉, 도 1에 도시하는 전사용 패턴에 있어서, 주 패턴 및 보조 패턴이 형성된 영역 이외의 영역이, 저투광부로 되어 있다. 도 3의 (a)에 도시하는 바와 같이, 본 형태에서는, 저투광부는 반투광막과 저투광막이, 투명 기판 상에 적층되어 있다. 또한, 저투광부는 투명 기판 상에, 반투광막과, 대표 과장의 광투과율이 T2(%)인 저투광막이, 이 순서대로, 또는, 이 반대의 순서로 적층될 수 있다.

[0082] 본 발명의 포토마스크의 저투광부는 노광광의 대표 과장에 대해, 소정의 낮은 투과율을 갖는다. 즉, i선 내지 g선의 과장 범위에 있는 대표 과장의 광에 대해, 저투광부는 반투광부를 포함하는 보조 패턴의 투과율 T1(%)보다 낮은 투과율 T3(%)을 갖는다. 따라서, 반투광부와 저투광부의 적층에 의해, 저투광부를 형성하고 있는 본 형태[도 3의 (a)]에 있어서는, 해당 적층에 의해,

[0083] $T3 < T1$

[0084] 이 되도록, 저투광막의 투과율 T2(%)를 선택함으로써, 저투광부의 투과율 T3(%)을 조절하면 된다.

[0085] 여기서, 주 패턴의 직경(W1)을, $4\mu m$ 이하로 할 때, 이 주 패턴에 대응하여, 피전사체 상에, 직경 $W2(\mu m)$ (단 $W1 > W2$)를 갖는 미세한 주 패턴(홀 패턴)을 형성할 수 있다.

[0086] 구체적으로는, $W1(\mu m)$ 을, 하기 수학식 1

[0087] [수학식 1]

$$0.8 \leq W1 \leq 4.0$$

[0089] 의 관계가 되도록 하는 것이 바람직하다. 이때 피전사체 상에 형성되는 주 패턴(홀 패턴)의 직경 $W2(\mu m)$ 은, $3.0(\mu m)$ 이하, 구체적으로는,

[0090] $0.6 \leq W2 \leq 3.0$

[0091] 으로 할 수 있다.

[0092] 또한, 본 발명의 포토마스크는, 표시 장치 제조에 유용한 미세 사이즈의 패턴을 형성하는 목적으로 사용할 수 있다. 예를 들어, 주 패턴의 직경 $W1$ 이, $3.0(\mu\text{m})$ 이하일 때, 본 발명의 효과가 보다 현저하게 얻어진다. 바람직하게는, 주 패턴의 직경 $W1(\mu\text{m})$ 을,

[0093] $1.0 \leq W1 \leq 3.0$

[0094] 으로 할 수 있다. 또한, 직경 $W1$ 과 직경 $W2$ 와의 관계를, $W1=W2$ 로 할 수도 있지만, 바람직하게는 $W1>W2$ 로 한다. 즉, $\beta(\mu\text{m})$ 를 바이어스값으로 할 때,

[0095] $\beta = W1 - W2 > 0(\mu\text{m})$

[0096] 일 때,

[0097] $0.2 \leq \beta \leq 1.0$

[0098] 보다 바람직하게는,

[0099] $0.2 \leq \beta \leq 0.8$

[0100] 로 할 수 있다. 이와 같이 할 때, 후술하는 바와 같이, 피전사체 상에 있어서의, 레지스트 패턴의 손실을 저감하는 등의, 유리한 효과가 얻어진다.

[0101] 상기에 있어서, 주 패턴의 직경 $W1$ 은, 원의 직경, 또는 그에 근사되는 수치를 의미한다. 예를 들어, 주 패턴의 형상이 정다각형일 때는, 주 패턴의 직경 $W1$ 은, 내접원의 직경으로 한다. 주 패턴의 형상이, 도 1에 도시하는 바와 같이 정사각형이면, 주 패턴의 직경 $W1$ 은 1변의 길이이다. 전사된 주 패턴의 직경 $W2$ 에 있어서도, 원의 직경 또는 그에 근사되는 수치로 하는 점에서 마찬가지이다.

[0102] 물론, 보다 미세화된 패턴을 형성하고자 할 때, $W1$ 이 $2.5(\mu\text{m})$ 이하, 또는 $2.0(\mu\text{m})$ 이하로 하는 것도 가능하고, 나아가서는, $W1$ 을 $1.5(\mu\text{m})$ 이하로 하여 본 발명을 적용할 수도 있다.

[0103] 또한, 본 발명의 포토마스크에 있어서의 주 패턴의 직경 $W1$, 피전사체 상의 주 패턴의 직경 $W2$ 및 바이어스의 설정에 관한 상기의 바람직한 범위는, 이하의 제2 내지 제6 형태에 관한 본 발명의 포토마스크에 있어서도, 마찬가지로 적용할 수 있다.

[0104] 이와 같은 전사용 패턴을 갖는, 본 발명의 포토마스크 노광에 사용하는 노광광의 대표 파장에 대해, 주 패턴과 보조 패턴과의 위상차 ϕ 가, 대략 180도이다. 즉, 주 패턴을 투과하는, 상기 대표 파장의 광파, 보조 패턴을 투과하는, 상기 대표 파장과의 위상차 ϕ 가 대략 180도가 된다. 대략 180도라고 함은, 120 내지 240도를 의미한다. 바람직하게는, 위상차 ϕ 가 150 내지 210도, 더욱 바람직하게는, 170 내지 190도이다.

[0105] 또한, 본 발명의 포토마스크는, i선, h선, 또는 g선을 포함하는 노광광을 사용할 때에 효과가 현저하므로, i선, h선 및 g선 중 적어도 하나를 포함하는 노광광을 사용할 수 있다. 특히 i선, h선 및 g선을 포함하는 브로드 파장광을 노광광으로서 적용하는 것이 바람직하다. 이 경우, 대표 파장으로서는, i선, h선, g선 중 어느 하나로 할 수 있다. 예를 들어 h선을 대표 파장으로서, 본 발명의 포토마스크를 구성할 수 있다.

[0106] 이와 같은 위상차를 형성하기 위해서는, 주 패턴은, 투명 기판 주 표면이 노출되어 이루어지는 투광부로 하고, 보조 패턴은, 투명 기판 상에 반투광막을 형성하여 이루어지는 반투광부로 하고, 이 반투광막의, 상기 대표 파장에 대한 위상 시프트량을, 대략 180도로 하면 된다.

[0107] 또한, 주 패턴과 보조 패턴과의 위상차의 바람직한 범위 및 본 발명의 포토마스크에 적용하는 노광광의 파장에 대해서는, 이하의 제2 내지 제6 형태에 관한 본 발명의 포토마스크에 있어서도, 마찬가지이다.

[0108] 제1 형태의 포토마스크, 즉, 도 3의 (a)에 도시하는 포토마스크에 있어서, 반투광부가 갖는 광투과율 $T1$ 은, 이하와 같이 할 수 있다. 즉, 반투광부에 형성된 반투광막의, 상기 대표 파장에 대한 투과율이, $T1(\%)$ 일 때,

[0109] $30 \leq T1 \leq 80$

[0110] 으로 한다. 보다 바람직하게는,

[0111] $40 \leq T1 \leq 75$

[0112] 이다. 또한, 투과율 $T1(\%)$ 은, 투명 기판의 투과율을 기준으로 했을 때의, 상기 대표 파장의 투과율로 한다.

- [0113] 본 발명의 포토마스크에 있어서, 주 패턴 및 보조 패턴이 형성된 이외의 영역에 배치되고, 주 패턴 및 보조 패턴의 주위에 형성된 저투광부는, 이하와 같은 구성으로 할 수 있다.
- [0114] 저투광부는 노광광(i선 내지 g선의 파장 범위에 있는 대표 파장의 광)을 실질적으로 투과하지 않는 것이어도 좋다. 이 경우 저투광막 단체로, 상기 대표 파장을 실질적으로 투과하지 않는 것(즉 차광막)이며, $T2 \leq 0.01$ 즉 광학 농도 $OD \geq 2$ 인 저투광막을 적용해도 좋고, 또는, 저투광막과 반투광막의 적층막으로, 실질적인 차광막(광학 농도 $OD \geq 2$)으로 해도 좋다.
- [0115] 혹은, 저투광부는, 소정 범위에서 노광광을 투과하는 것으로 해도 좋다. 단, 소정 범위에서 노광광을 투과하는 경우이며, 저투광부의 투과율 $T3(\%)$ (여기서, 반투광막과 저투광막의 적층 경우에는, 그 적층막의 투과율)이,
- [0116] $T3 < T1$
- [0117] 을 충족하는 것이다. 바람직하게는,
- [0118] $0.01 < T3 < 30$
- [0119] 보다 바람직하게는,
- [0120] $0.01 < T3 \leq 20$
- [0121] 을 충족한다. 투과율 $T3(\%)$ 에 대해서도, 투명 기판의 투과율을 기준으로 했을 때의, 상기 대표 파장의 투과율로 한다.
- [0122] 또한, 이와 같이 저투광부가 소정의 투과율로 노광광을 투과하는 경우에는, 저투광부의 투과광파, 투광부의 투과광파의 위상차 $\phi 3$ 은, 90도 이하로 하는 것이 바람직하고, 보다 바람직하게는 60도 이하이다. 「90도 이하」란, 라디안 표기하면, 상기 위상차가 $[(2n-1/2)\pi \text{ 내지 } (2n+1/2)\pi](\text{여기서 } n \text{은 정수})$ 인 것을 의미한다. 상기와 마찬가지로, 노광광에 포함되는 대표 파장에 대한 위상차로서 계산한다.
- [0123] 따라서, 이 경우에는 본 형태의 포토마스크에 사용되는 저투광막의 단독의 성질로서는, 30(%) 미만의 투과율 [$T2(\%)$]을 갖고(즉, $0 < T2 < 30$), 위상 시프트량($\phi 2$)이 대략 180도인 것이 바람직하다. 대략 180도라고 함은, 120 내지 240도를 의미한다. 바람직하게는, 위상차 $\phi 1$ 은 150 내지 210도, 보다 바람직하게는, 170 내지 190도이다. 이에 의해, 적층을 포함하는 저투광부의 위상 시프트 특성에 대해서는, $\phi 3$ 을 상술한 범위로 할 수 있다.
- [0124] 여기서의 투과율도, 상기와 마찬가지로, 투명 기판의 투과율을 기준으로 했을 때의, 상기 대표 파장의 투과율로 한다.
- [0125] 상기 전사용 패턴에 있어서, 보조 패턴의 폭을 $d(\mu\text{m})$ 로 할 때,
- [0126] [수학식 2]
- $$0.5 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.5$$
- [0127]
- [0128] 가 성립될 때에, 발명의 우수한 효과가 얻어진다. 즉, $\sqrt{(T1/100) \times d}$ 가, 상기의 범위 내에 있을 때, 보조 패턴을 투과하는 광량이, 주 패턴의 그것과 밸런스 좋게 상호 작용하고, 주 패턴의 전사성을 향상시킨다.
- [0129] 이때, 주 패턴의 중심파, 보조 패턴의 폭 방향의 중심 거리를 피치 $P(\mu\text{m})$ 로 하고, 피치 P 는,
- [0130] $1.0 < P \leq 5.0$
- [0131] 의 관계가 성립되는 것이 바람직하다.
- [0132] 보다 바람직하게는, 피치 P 는,
- [0133] $1.5 < P \leq 4.5$
- [0134] 로 할 수 있다.
- [0135] 본 발명에 있어서, 보조 패턴은, 설계상 고립된 주 패턴에 대해, 의사적으로 밀집 패턴(Dense Pattern)과 같은 광학적 작용을 미치는 효과가 있지만, 상기의 관계식이 충족될 때, 주 패턴과 보조 패턴을 투과한 노광광이, 서

로 양호한 상호 작용을 발휘하고, 후술하는 실시예에 나타내는 바와 같이, 우수한 전사성을 나타낼 수 있다.

[0136] 보조 패턴의 폭 $d(\mu\text{m})$ 는, 본 발명의 포토마스크에 적용하는 노광 조건(사용하는 노광 장치)에 있어서, 해상 한계 이하의 치수이며, 구체적인 예로서는,

[0137] $d \geq 0.7$

[0138] 보다 바람직하게는,

[0139] $d \geq 0.8$

[0140] 더욱 바람직하게는, 보조 패턴의 폭 $d(\mu\text{m})$ 은 $1(\mu\text{m})$ 이상이다.

[0141] 또한, $d \leq 1$ 인 것이 바람직하고, $d < 1$ 인 것이 보다 바람직하다.

[0142] 또한, 보다 바람직하게는, 상기 수학식 2의 관계식은, 다음의 수학식 2-1이며, 더욱 바람직하게는, 다음의 수학식 2-2이다.

[0143] [수학식 2-1]

$$0.7 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.2$$

[0145] [수학식 2-2]

$$0.75 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.0$$

[0147] 상술한 바와 같이, 도 1에 도시하는 포토마스크의 주 패턴은 정사각형이지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 도 2에 예시되는 바와 같이, 포토마스크의 주 패턴은, 팔각형이나 원을 포함하는, 회전 대칭인 형상일 수 있다. 그리고 회전 대칭의 중심을, 상기 P의 기준이 되는 중심으로 할 수 있다.

[0148] 또한, 도 1에 도시하는 포토마스크의 보조 패턴의 형상은, 팔각형띠이지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 보조 패턴의 형상은 훌 패턴의 중심에 대해, 3회 대칭 이상의 회전 대상의 형상으로 일정한 폭을 부여한 것인 것이 바람직하다. 바람직한 주 패턴 및 보조 패턴의 형상은, 도 2의 (a) 내지 (f)에 예시된 형상이며, 주 패턴의 디자인과 보조 패턴의 디자인은, 서로 도 2의 (a) 내지 (f)의 다른 것을 조합해도 좋다.

[0149] 예를 들어, 보조 패턴의 외주가, 정사각형, 정육각형, 정팔각형, 정십각형 등의 정다각형(바람직하게는 정 $2n$ 각형, 여기서 n 은 2 이상의 정수) 또는 원형인 경우가 예시된다. 그리고, 보조 패턴의 형상으로서는, 보조 패턴의 외주와 내주가 거의 평행한 형상, 즉, 거의 일정 폭을 갖는 정다각형 또는 원형의 띠와 같은 형상인 것이 바람직하다. 이 띠 형상의 형상을, 다각형띠 또는 원형띠라고도 부른다. 보조 패턴의 형상으로서는, 이와 같은 정다각형띠 또는 원형띠가, 주 패턴의 주위를 둘러싸는 형상인 것이 바람직하다. 이때, 주 패턴의 투과광과, 보조 패턴의 투과광과의 광량의 밸런스를 거의 동등하게 할 수 있으므로, 본 발명의 작용 효과를 얻기 위한, 광의 상호 작용을 얻기 쉽다.

[0150] 특히, 본 발명의 포토마스크를 표시 장치 제조용의 포토마스크로서 사용하는 경우, 즉, 본 발명의 포토마스크를 표시 장치 제조용의 포토 레지스트와 조합해서 사용하는 경우에는, 피전사체 상에 있어서 보조 패턴에 대응하는 부분의 레지스트 손실을 저감하는 것이 가능하다.

[0151] 혹은, 보조 패턴의 형상은, 주 패턴의 주위를 완전히 둘러싸지 않고, 상기 다각형띠 또는 원형띠의 일부가 결락된 형상이어도 좋다. 보조 패턴의 형상은, 예를 들어, 도 2의 (f)와 같이, 사각형띠의 코너부가 결락된 형상이어도 좋다.

[0152] 또한, 본 발명의 효과를 방해하지 않는 한, 본 발명의 주 패턴, 보조 패턴 외에, 부가적으로 다른 패턴을 사용해도 상관없다.

[0153] 본 형태의 포토마스크의 제조 방법의 일례에 대해, 도 4를 참조하여 이하에 설명한다.

[0154] 도 4의 (a)에 도시하는 바와 같이, 포토마스크 블랭크를 준비한다.

[0155] 이 포토마스크 블랭크는, 글래스 등을 포함하는 투명 기판 상에, 반투광막과 저투광막이 이 순서대로 형성되어 있고, 또한 제1 포토 레지스트막이 도포되어 있다.

- [0156] 반투광막은, 투명 기판의 주 표면 상에, i선, h선, g선 중 어느 하나를 대표 파장으로 할 때, 그 투과율이 30 내지 80%)[T1(%)]을 투과율로 할 때, $30 \leq T1 \leq 80$], 보다 바람직하게는, 40 내지 75%이며, 또한, 이 대표 파장에 대한 위상 시프트량이, 대략 180도와 같은 막이다. 이와 같은 반투광막에 의해, 투광부를 포함하는 주 패턴과, 반투광부를 포함하는 보조 패턴 사이의 투과광 위상차를 대략 180도로 할 수 있다. 그와 같은 반투광 막은, i선 내지 g선의 파장 범위에 있는 대표 파장의 광 위상을 대략 180도 시프트한다. 반투광막의 성막 방법으로서는, 스퍼터법 등 공지의 방법을 적용할 수 있다.
- [0157] 반투광막은, 상기의 투과율과 위상차를 충족하고, 또한, 이하에 설명하는 바와 같이, 웨트 에칭 가능한 재료로 이루어지는 것이 바람직하다. 단, 웨트 에칭 시에 발생하는, 사이드 에칭의 양이 지나치게 커지면, CD 정밀도의 열화나, 언더 컷에 의한 상층막의 파괴 등 문제가 발생하므로, 막 두께의 범위는, 2000\AA 이하인 것이 바람직하다. 예를 들어, 300 내지 2000\AA 의 범위, 보다 바람직하게는, 300 내지 1800\AA 이다. 여기서 CD란, Critical Dimension이며, 본 명세서에서는 패턴 선폭의 의미로 사용한다.
- [0158] 또한, 이들 조건을 충족하기 위해서는, 반투광막 재료는, 노광광에 포함되는 대표 파장(예를 들어 h선)의 굴절률이 1.5 내지 2.9인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는, 1.8 내지 2.4이다.
- [0159] 또한, 위상 시프트 효과를 충분히 발휘하기 위해서는, 웨트 에칭에 의한 패턴 단면(피에칭면)이, 투명 기판 주 표면에 대해 수직에 가까운 것이 바람직하다.
- [0160] 상기 성질을 고려할 때, 반투광막의 막 재료로서는, Zr, Nb, Hf, Ta, Mo, Ti 중 적어도 1개와 Si를 포함하는 재료, 또는, 이들 재료의 산화물, 질화물, 산화질화물, 탄화물, 또는 산화질화탄화물을 포함하는 재료로 이루어지는 것으로 할 수 있다.
- [0161] 포토마스크 블랭크의 반투광막 상에는, 저투광막이 형성된다. 성막 방법으로서는, 반투광막의 경우와 마찬가지로, 스퍼터법 등 공지의 수단을 적용할 수 있다.
- [0162] 포토마스크 블랭크의 저투광막은, 실질적으로 노광광을 투과하지 않는 차광막일 수 있다. 또는, 노광광의 대표 파장에 대해, 소정의 낮은 투과율을 갖는 것으로 할 수 있다. 본 발명의 포토마스크의 제조에 사용하는 저투광 막은, i선 내지 g선의 파장 범위에 있는 대표 파장의 광에 대해, 반투광막의 투과율 $T1(\%)$ 보다 낮은 투과율 $T2(\%)$ 를 갖는다. $T2$ 는 실질적으로 제로(0.01 이하)이어도 상관없다.
- [0163] 한편, 저투광막이 노광광을 투과할 수 있는 경우에는, 노광광에 대한 저투광막의 투과율 및 위상 시프트량은, 본 발명의 포토마스크의 저투광부의 투과율 및 위상 시프트량을 달성할 수 있는 것인 것이 요구된다. 바람직하게는, 저투광막과 상기 반투광막과의 적층 상태에서, 노광광 대표 파장의 광에 대한 투과율 $T3(\%)$ 이, $0.01 < T3 < 30$, 바람직하게는 $0.01 < T3 \leq 20$ 이며, 또한, 위상 시프트량 $\phi 3$ 이, 90(도) 이하, 보다 바람직하게는 60(도) 이하로 한다.
- [0164] 저투광막의 단독의 성질로서는, 실질적으로 상기 대표 파장의 광을 투과하지 않는 것이거나, 또는, 30% 미만의 투과율[T2(%)]을 갖고(즉, $0 < T2 < 30$), 위상 시프트량($\phi 2$)이 대략 180도인 것이 바람직하다. 대략 180도라고 함은, 120 내지 240도를 의미한다. 바람직하게는, 위상차 $\phi 1$ 은 150 내지 210(도), 보다 바람직하게는, 170 내지 190(도)이다.
- [0165] 포토마스크 블랭크의 저투광막의 재료는, Cr 또는 그 화합물(산화물, 질화물, 탄화물, 산화질화물, 또는 산화질화탄화물)이어도 좋고, 또는, Mo, W, Ta, Ti를 포함하는 금속의 실리사이드, 또는, 그 실리사이드의 상기 화합물이어도 좋다. 단, 포토마스크 블랭크의 저투광막의 재료는 반투광막과 마찬가지로 웨트 에칭이 가능하고, 또한, 반투광막의 재료에 대해 에칭 선택성을 갖는 재료가 바람직하다. 즉, 반투광막의 에칭제에 대해 저투광막은 내성을 갖고, 또한, 저투광막의 에칭제에 대해, 반투광막은 내성을 갖는 것이 바람직하다.
- [0166] 포토마스크 블랭크의 저투광막 상에는, 또한 제1 포토 레지스트막이 도포된다. 본 발명의 포토마스크는, 바람직하게는 레이저 묘화 장치에 의해 묘화되므로, 그에 적합한 포토 레지스트로 한다. 제1 포토 레지스트막은 포지티브형이어도 네가티브형이어도 좋지만, 이하에서는 포지티브형으로서 설명한다.
- [0167] 다음에, 도 4의 (b)에 도시하는 바와 같이, 제1 포토 레지스트막에 대해, 묘화 장치를 사용하고, 전사용 패턴에 기초한 묘화 데이터에 의한 묘화를 행한다(제1 묘화). 그리고, 현상에 의해 얻어진 제1 레지스트 패턴을 마스크로 하여, 저투광막을 웨트 에칭한다. 이에 의해, 저투광부가 되는 영역이 확정되고, 또한 저투광부에 의해 둘러싸인 보조 패턴(저투광막 패턴)의 영역이 확정된다. 웨트 에칭하기 위한 에칭액(웨트 에천트)은, 사용하는 저투광막의 조성에 적합한 공지의 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, Cr을 함유하는 막이면, 웨트 에천트로서

질산 제2세륨암모늄 등을 사용할 수 있다.

[0168] 다음에, 도 4의 (c)에 도시하는 바와 같이, 제1 레지스트 패턴을 박리한다.

[0169] 다음에, 도 4의 (d)에 도시하는 바와 같이, 형성된 저투광막 패턴을 포함하는 전체면에, 제2 포토 레지스트막을 도포한다.

[0170] 다음에, 도 4의 (e)에 도시하는 바와 같이, 제2 포토 레지스트막에 대해, 제2 묘화를 행하고, 현상에 의해 형성된 제2 레지스트 패턴을 형성한다. 이 제2 레지스트 패턴과, 상기 저투광막 패턴을 마스크로 하여, 반투광막의 웨트 에칭을 행한다. 이 에칭(현상)에 의해, 투명 기판이 노출되는 투광부를 포함하는, 주 패턴의 영역이 형성된다. 또한, 제2 레지스트 패턴은, 보조 패턴이 되는 영역을 덮고, 투광부를 포함하는 주 패턴이 되는 영역에 개구를 갖는 것임과 함께, 상기 개구로부터, 저투광막의 옛지가 노출되도록, 제2 묘화의 묘화 데이터에 대해 사이징을 행해 두는 것이 바람직하다. 이와 같이 함으로써, 제1 묘화와 제2 묘화 사이에 서로 발생하는 얼라인먼트 어긋남을 흡수하고, 전사용 패턴의 CD 정밀도의 열화를 방지할 수 있다. 이것은, 저투광막과 반투광막의 소재가 갖는, 서로의 막에 대한 에칭 선택성을 이용한 효과이다.

[0171] 또한, 본 형태의 포토마스크에 있어서, 반투광막과 저투광막을 에칭 선택성이 없는, 공통의 에칭 특성을 갖는 소재에 의해 구성하고, 양쪽 막의 사이에, 에칭 스토퍼막을 형성해도 좋다.

[0172] 즉, 이와 같이 제2 묘화 시의 제2 레지스트 패턴의 사이징을 행함으로써, 피전사체 상에 고립 훌 패턴을 형성하고자 할 때, 차광막과 반투광막과의 패터닝에 위치 어긋남이 발생하지 않으므로, 도 1에 예시하는 바와 같은 전사용 패턴에 있어서, 주 패턴 및 보조 패턴의 무게 중심을 정교하고 치밀하게 일치시킬 수 있다.

[0173] 반투광막용의 웨트 에천트는, 반투광막의 조성에 따라서 적절히 선택한다.

[0174] 다음에, 도 4의 (f)에 도시하는 바와 같이, 제2 레지스트 패턴을 박리하여, 도 1에 도시하는 본 발명의 포토마스크가 완성된다.

[0175] 표시 장치용 포토마스크의 제조에 있어서, 투명 기판 상에 형성된 차광막 등의 광학막을 패터닝할 때, 적용되는 에칭으로서는, 드라이 에칭 및 웨트 에칭이 있다. 어느 것을 채용해도 좋지만, 본 발명에 있어서는 웨트 에칭이 특히 유리하다. 이것은, 표시 장치용의 포토마스크는, 사이즈가 비교적 크고, 또한 다종류의 사이즈가 존재하기 때문이다. 이와 같은 포토마스크의 제조 시에, 전공 챔버를 사용하는 드라이 에칭을 적용하면, 드라이 에칭 장치의 크기나 제조 공정에 비효율이 발생하게 된다.

[0176] 단, 이와 같은 포토마스크의 제조 시에 웨트 에칭을 적용하는 것에 수반하는 과정도 있다. 웨트 에칭은 등방 에칭의 성질을 가지므로, 소정의 막을 깊이 방향으로 에칭해서 용출시키고자 할 때에는, 깊이 방향에 대해 수직인 방향으로도 에칭이 진행된다. 예를 들어, 막 두께 $F(\mu\text{m})$ 의 반투광막을 에칭해서 슬릿을 형성할 때, 에칭 마스크가 되는 레지스트 패턴의 개구는, 원하는 슬릿 폭보다 $2F(\mu\text{m})$ [즉, 편측 $F(\mu\text{m})$]만큼 작게 하지만, 미세 폭의 슬릿으로 될수록, 레지스트 패턴 개구의 치수 정밀도를 유지하기 어렵다. 이로 인해, 보조 패턴의 폭 d 는 $1(\mu\text{m})$ 이상, 바람직하게는 $1.3(\mu\text{m})$ 이상으로 하는 것이 유용하다.

[0177] 또한, 상기 막 두께 $F(\mu\text{m})$ 가 큰 경우에는, 사이드 에칭량도 커지므로, 막 두께가 작아도 대략 180도의 위상 시프트량을 갖는 막 재료를 사용하는 것이 유리하고, 이 결과, 상기 과장에 대해 반투광막의 굴절률이 높은 것이 요망된다. 이로 인해, 상기 대표 과장에 대한 1.5 내지 2.9, 바람직하게는 1.8 내지 2.4와 같은 재료를 사용해서, 반투광막으로 하는 것이 바람직하다.

[0178] 그런데, 도 1에 도시하는 본 발명의 포토마스크로서, 상기 형태 외에도, 다른 층 구성에 의해 마찬가지의 광학적인 작용 효과를 발휘하는 것이 있다.

[0179] 본 발명의 제2 형태는, 도 3의 (b)에 단면을 도시하는 층 구성을 갖는다. 이 포토마스크의 평면 모식도는, 상기 제1 형태와 마찬가지로, 도 1에 도시하는 바와 같지만, 단면에서 보았을 때의 적층 구조가 다르다. 즉, 도 3의 (b)에 도시하는 저투광부에 있어서는, 저투광막과 반투광막의 적층순이 상하 역전되어 있고, 저투광막이 기판측에 배치되어 있다.

[0180] 이 경우, 본 발명의 포토마스크로서의, 패턴의 설계나 그 각 파라미터, 그들에 의한 광학적인 작용 효과는, 제1 형태의 포토마스크와 마찬가지이며, 설계 디자인으로서, 도 2에 도시된 변형예가 적용 가능한 것도 동일하다. 또한, 사용하는 막 소재의 물성도 동일하게 할 수 있다.

[0181] 단, 제2 형태의 포토마스크에 있어서는, 제조 방법상, 이하의 점에서 제1 형태와의 약간의 차이가 있고, 이로

인해, 사용하는 막 소재에 있어서도, 반드시 제1 형태와 마찬가지일 필요는 없다.

[0182] 예를 들어, 제1 형태에 있어서는, 도 4의 (a)에 도시하는 바와 같이, 반투광막과 저투광막을 적층한 포토마스크 블랭크를 준비하고, 이에 대해 포토리소그래피 공정을 2회 적용하고, 포토마스크를 제조했지만, 제2 형태에 있어서는, 투명 기판 상에 저투광막만이 성막된 포토마스크 블랭크를 준비할 필요가 있다.

[0183] 그리고, 이 저투광막을 먼저 에칭하고, 저투광막 패턴을 형성한다. 계속해서, 이 저투광막 패턴이 형성된 기판 상의 전체면에, 반투광막을 성막하고, 이를 패터닝한다. 이 경우, 제1 형태와 마찬가지로 웨트 에칭으로 패터닝을 행할 수 있는 소재를 선택하는 것이 바람직하다. 단, 본 형태에서는, 저투광막과 반투광막이 서로의 에친트에 대한 내성을 갖는 것이 필수는 아니다. 즉, 양쪽 막에, 서로 에칭 선택성이 없어도 에칭이 가능하다. 따라서, 소재의 선택에 관해서는, 제1 형태보다 자유도가 높다.

[0184] 다음에, 본 발명의 포토마스크의 제3 형태에 대해, 도 3의 (c)를 참조하여 설명한다. 이 형태에 있어서도, 평면 모식도는, 도 1과 마찬가지이며, 또한, 패턴의 설계나 그 각 파라미터, 그들에 의한 광학적인 작용 효과는, 이하의 점을 제외하고 제1 형태의 포토마스크와 마찬가지이며, 설계 디자인으로서, 도 2에 도시된 변형예가 적용 가능한 것도 동일하다.

[0185] 도 3의 (c)에 도시하는 제3 형태의 포토마스크가, 제1 및 제2 형태의 포토마스크와 다른 점은, 반투광막이 갖는, 상기 대표 파장의 광에 대한 위상 시프트량이, 대략 180도로 제약되지 않는 점이며, 이와 관련해서, 주 패턴 부분에 있어서, 투명 기판이 소정량 파들어가는 점이다. 즉, 이 형태의 주 패턴은, 재료가 된 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되는 대신에, 상기 주 표면에 대해 에칭에 의해 소정량의 패임부를 형성한 패임면이 노출되어 있다. 그리고, 상기 반투광막이 형성된 보조 패턴과, 패임부가 형성된 주 패턴 사이에서, 서로를 투과하는 i선 내지 g선의 파장 범위에 있는 대표 파장의 위상차가 대략 180도로 조정되어 있다. 제1 및 제2 형태의 포토마스크와 마찬가지로, 저투광부는 투명 기판 상에, 반투광막과, 대표 파장의 광투과율이 T2(%)인 저투광막이, 이 순서대로, 또는, 이 반대의 순서로 적층되는 구조일 수 있다.

[0186] 제1 형태 또는 제2 형태에 있어서는, 반투광막의 소재와 막 두께에 의해, 투과율 T1의 조건과, 주 패턴과 보조 패턴을 투과하는 대표 파장의 위상차가 대략 180도라고 하는 조건을, 모두 충족할 필요가 있었지만, 제3 형태의 포토마스크에 있어서는, 투과율 T1의 조건을 우선적으로 반투광막의 조성이나 막 두께를 결정하고, 위상차의 조정은, 주 패턴의 패임량에 의해 행할 수 있는 이점이 있다.

[0187] 이 점으로부터, 본 형태의 포토마스크는, 반투광막이 갖는 상기 대표 파장의 광에 대한 위상 시프트량은, 90도 이하, 또는, 60도 이하이어도 좋다. 주 패턴의 패임량과, 반투광막이 갖는 위상 시프트량과의 합에 의해, 주 패턴과 보조 패턴을 투과하는 대표 파장의 위상차가 대략 180도가 되도록 조정되면 된다.

[0188] 또한, 제3 형태의 포토마스크에 있어서, 투명 기판의 패임부 형성에는, 웨트 또는 드라이 에칭이 사용되지만, 보다 바람직하게는 드라이 에칭을 적용한다. 또한, 본 형태의 포토마스크에 있어서도, 반투광막과 저투광막 사이에, 에칭 스토퍼막을 형성해도 좋다.

[0189] 예를 들어, 투명 기판 상에 반투광막과 저투광막이 적층된 포토마스크 블랭크를 준비하고, 먼저, 주 패턴 부분의 양쪽 막을 에칭 제거하고, 계속해서, 투명 기판을 패임부 에칭하는 공정을 적용할 수 있다. 다음에, 제2 포토리소그래피 공정에 의해, 보조 패턴 부분의 저투광막을 에칭 제거함으로써, 제3 형태의 포토마스크를 제조할 수 있다. 이 경우, 막 소재로서는, 제1 형태와 마찬가지로 할 수 있다.

[0190] 또한, 상기 제1 형태와 제2 형태와의 관계와 마찬가지로, 제3 형태의 포토마스크에 있어서도, 반투광막과 저투광막의 적층순을 상하 역전시켜도 좋다.

[0191] 다음에, 도 3의 (d)를 참조하여, 본 발명의 포토마스크의 제4 형태에 대해서 설명한다. 이 형태에서도 평면 모식도는 도 1에 도시하는 바와 같다. 제4 형태는, 제3 형태와 마찬가지로, 주 패턴 부분의 투명 기판에 패임부를 형성하지만, 제3 형태와 달리, 반투광막을 사용하지 않고, 보조 패턴 부분의 투명 기판(주 표면의 일부)은 노출되어 있다. 그리고, 주 패턴 부분의 패임부 깊이의 선택에 의해, 제1 내지 제3 형태와 마찬가지로, 주 패턴과 보조 패턴을 각각 투과하는 대표 파장의 광 위상차가, 대략 180도로 되어 있다.

[0192] 이 제4 형태에 있어서는, 보조 패턴 부분에 반투광막이 존재하지 않으므로, 투과율(T1)은, 100(%)이 된다. 이 경우, 성막 횟수를 감소할 수 있고, 그에 의해, 제3 형태로부터 생산 효율의 향상 및 결함 발생 확률의 저하와 같은 장점이 얻어진다.

[0193] 이 경우, $T1=100(\%)$ 을, 수학식 2에 적용하고,

[0194] [수학식 2]

$$0.5 \leq \sqrt{T1/100} \times d \leq 1.5$$

[0195] 즉,

$$0.5 \leq d \leq 1.5$$

[0198] 가 된다. 바람직하게는, $d < W1$ 이다.

[0199] 또한, 제4 형태의 포토마스크에 사용하는 저투광막이 갖는, 상기 대표 파장의 광에 대한 위상 시프트량은 대략 180도일 필요는 없고, 90도 이하인 것이 바람직하다. 보다 바람직하게는 60도 이하이다.

[0200] 제4 형태의 포토마스크에 있어서도, 도 1에 도시하는 패턴의 설계나, 특기한 이외의 각 파라미터, 그들에 의한 광학적인 작용 효과는, 제1 형태의 포토마스크와 마찬가지이며, 설계 디자인으로서, 도 2에 도시된 변형예가 적용 가능한 것도 동일하다. 또한, 저투광막에 사용하는 막 소재나 그 물성도 제1 형태와 동일하게 할 수 있다. 즉, 저투광부는, 상기 대표 파장의 투과율이 $T3(\%)$ 이지만, 이것은, 투명 기판 상에, 상기 대표 파장의 광투과율이 $T2(\%)$ 인 저투광막이, 형성되는 구조로 할 수 있다. 즉, $T2=T3$ 의 경우이다.

[0201] 그런데, 제4 형태에 있어서의, 주 패턴과 보조 패턴의 단면 구조를 반대로 한 것이, 제5 형태[도 3의 (e)]이다. 제5 형태의 주 패턴은, 투명 기판의 주 표면의 일부가 노출되어 있고, 보조 패턴은 투명 기판의 주 표면에 패임부가 형성되어 있다. 즉, 주 패턴 부분의 투명 기판 패임부 형성의 변화에, 보조 패턴 부분의 투명 기판을 파들어감으로써, 주 패턴과 보조 패턴을 투과하는, 상기 대표 파장의 광 위상차를 대략 180도로 하고 있다. 이 경우에서도, 평면에서 본 디자인이나 그 광학적인 작용 효과가 제4 형태와 동일한 것은 물론이다. 또한, 그 제조 방법이나 적용하는 막재 등에 대해서도, 특별히 차이는 없다. 따라서, 제5 형태의 저투광부는, 투명 기판 상에, 대표 파장의 광투과율이 $T2(\%)$ 인 저투광막이 형성되어 있다.

[0202] 도 3의 (f)에 도시하는, 본 발명의 제6 형태는, 제1 내지 제5 형태에 있어서 채용한 구성에 대해[도 3의 (f)에 서는 대표하여, 제1 형태의 포토마스크 단면 모식도를 사용], 차광막 패턴을 부가할 가능성을 나타내는 것이다. 이것은, 저투광막이 실질적인 투과율을 갖는 경우에, 고려할 가치가 있다.

[0203] 즉, 주 패턴 및 보조 패턴의 근방에 있어서는, 역위상의 광의 간섭 작용을 이용하지만, 상기로부터 이격된 저투광부의 영역에서는, 저투광막을 투과하는 광의 존재는 불필요하거나, 오히려, 피전사체 상에 형성하는 레지스트 패턴의 잔막량을 감소시키는 단점을 초래할 리스크가 있다. 이 리스크를 배제하고자 하는 경우에는, 주 패턴 및 보조 패턴으로부터 이격된 저투광부의 영역에서, 차광막 패턴을 부가하여 완전히 차광을 행하는 것도 유용하다.

[0204] 따라서, 본 발명에 있어서는, 그 작용 효과를 손상시키지 않는 한, 이와 같은 차광막 패턴의 사용을 방해하지 않는다. 또한, 차광막이란, 실질적으로 노광광(상기 i선 내지 g선 범위의 대표 파장의 광)을 투과하지 않는, OD(광학 농도) 2 이상의 막을 말한다. 그 소재는, 크롬(Cr)을 주성분으로 한 것을 들 수 있다.

[0205] 본 발명은, 상기한 본 발명의 포토마스크에, 노광 장치에 의해 노광하여, 피전사체 상에, 상기 전사용 패턴을 전사하고, 홀 패턴을 형성하는 공정을 포함하는, 표시 장치의 제조 방법을 포함한다.

[0206] 본 발명의 표시 장치의 제조 방법은, 먼저, 상술한 본 발명의 포토마스크를 준비한다. 다음에, 개구수(NA)가 0.08 내지 0.20이며, i선, h선 및 g선 중 적어도 하나를 포함하는 노광 광원을 갖는 노광 장치를 사용해서, 상기 전사용 패턴을 노광하고, 피전사체 상에, 직경 $W2$ 가 $3.0\mu\text{m}$ 이하, 바람직하게는 0.6 내지 $3.0\mu\text{m}$ 인 홀 패턴을 형성한다. 또한, 노광 장치의 노광 광원은, i선, h선 및 g선을 포함하는 것이 바람직하다. 노광에는, 등배 노광을 적용하는 것이 일반적이며, 유리하다.

[0207] 본 발명의 포토마스크를 사용해서, 전사용 패턴을 전사할 때에 사용하는 노광기로서는, 등배의 프로젝션 노광을 행하는 방식이며, 이하의 것을 들 수 있다. 즉, LCD(액정 표시 장치)용(혹은 FPD용, 액정용)으로서 사용되는 노광기이며, 그 구성은, 광학계의 개구수(NA)가 0.08 내지 0.15[코히런스 팩터(σ)가 0.4 내지 0.9]이며, i선, h선 및 g선 중 적어도 하나를 노광광에 포함하는 광원(브로드 파장광원이라고도 함)을 갖는 것이다. 단, 개구수 NA가 0.10 내지 0.20이 되는 노광 장치에 있어서도, 본 발명을 적용해서 발명의 효과를 얻는 것이 물론 가능

하다.

[0208] 또한, 사용하는 노광 장치의 광원은, 변형 조명(윤대 조명 등)을 사용해도 좋지만, 비변형 조명이어도, 발명의 우수한 효과가 얻어진다.

[0209] 본 발명은, 제1 내지 제3 형태(및 이를 적용한 제6 형태)의 포토마스크의 원료로서, 투명 기판 상에 반투광막과 저투광막(및 필요에 따라서 또한 차광막)을 적층한 포토마스크 블랭크를 사용한다. 그리고, 또한 표면에 레지스트막을 도포 형성하여, 포토마스크의 제조를 행한다.

[0210] 반투광막 및 저투광막의 물리적 성질, 막질 및 조성에 대해서는, 상기에 기재한 바와 같다.

[0211] 즉, 상기 포토마스크 블랭크의 반투광막은, i선 내지 g선의 파장 범위에 있는 대표 파장에 대한 투과율 T1이 30 내지 80(%)인 것이 바람직하다. 또한, 상기 반투광막은, 상기 대표 파장에 대해, 굴절률이 1.5 내지 2.9이며, 대략 180도의 위상 시프트량을 갖는 막 두께로 되어 있다. 이와 같은 굴절률을 갖는 반투광막의 막 두께는, 충분히 얇아도 원하는 위상 시프트량을 가지므로, 반투광막의 웨트 에칭 시간을 짧게 할 수 있다. 이 결과, 반투광막의 사이드 에칭을 억제할 수 있다.

[0212] 또한, 본 발명의 포토마스크의 모든 형태에 있어서, 저투광막이 성막된 포토마스크 블랭크를 사용해서 제조할 수 있다.

[0213] 이 저투광막은, 실질적으로 상기 대표 파장의 광을 투과하지 않거나, 또는, 30% 미만의 투과율을 갖는 것을 사용할 수 있다. 또한, 저투광막이 갖는 i선 내지 g선 범위 내의 대표 파장에 대한 위상 시프트량은, 제1 및 제2 형태에 의한 포토마스크에서는 대략 180도로 하고, 제3, 제4 및 제5 형태에 의한 포토마스크에서는, 90도 이하, 보다 바람직하게는 60도 이하로 하면 된다.

[0214] [실시예]

[0215] 도 5에 도시하는, 3종류(비교예 1-1 및 1-2와 실시예 1)의 포토마스크에 대해서, 광학 시뮬레이션에 의해, 그 전사 성능을 비교하여 평가했다. 즉, 피전사체 상에, 직경이 $2.0\mu\text{m}$ 인 홀 패턴을 형성하기 위한 전사용 패턴을 갖는 3개의 포토마스크에 대해서, 노광 조건을 공통으로 설정했을 때에, 어떤 전사 성능을 나타내는지에 대해, 광학 시뮬레이션을 행했다.

[0216] (비교예 1-1)

[0217] 도 5에 도시하는 바와 같이, 비교예 1-1의 포토마스크는, 투명 기판 상에 형성한 차광막 패턴을 포함하는, 소위 바이너리 마스크의 패턴을 갖는다. 비교예 1-1의 포토마스크에서는, 투명 기판이 노출되는 투광부를 포함하는 주 패턴이, 차광부에 둘러싸여져 있다. 주 패턴의 직경 $W1$ (정사각형의 1변)은 $2.0(\mu\text{m})$ 이다.

[0218] (비교예 1-2)

[0219] 도 5에 도시하는 바와 같이, 비교예 1-2의 포토마스크는, 노광광 투과율(쌍 h선)이 5%이며 위상 시프트량이 180도의 반투광막을 패터닝함으로써 형성된, 1변(직경)(즉 $W1$)이 $2.0(\mu\text{m})$ 인 사각형의 투광부를 포함하는 주 패턴을 갖는, 하프톤형 위상 시프트 마스크이다.

[0220] (실시예 1)

[0221] 도 5에 도시하는 바와 같이, 실시예 1의 포토마스크는, 본 발명의 전사용 패턴을 갖는다. 여기서 주 패턴은, 1변(직경)(즉 $W1$)이 $2.0(\mu\text{m})$ 인 정사각형으로 하고, 보조 패턴은 폭 d 가 $1.3(\mu\text{m})$ 인 팔각형띠로 하고, 주 패턴 중심과, 보조 패턴의 폭 중심과의 거리인 피치 P 는, $4(\mu\text{m})$ 로 했다.

[0222] 보조 패턴은, 투명 기판 상에 반투광막이 형성되어 이루어지는, 상기 제1 형태의 포토마스크를 상정한 것이다. 이 반투광막의 노광광(대 h 선) 투과율 $T1$ 은, 70(%), 위상 시프트량은 180도이다. 또한, 주 패턴 및 보조 패턴을 둘러싸는 저투광부는, 실질적으로 노광광을 투과하지 않는 차광막($OD>2$)으로 이루어진다.

[0223] 비교예 1-1 및 1-2와 실시예 1의 포토마스크 중 어느 것에 대해서도, 피전사체 상에, 직경 $W2$ 가 $2.0\mu\text{m}$ ($W1=W2$)이다. 즉, 피전사체 상에 형성되는 직경 $W2$ 는, 포토마스크의 전사용 패턴이 갖는 주 패턴의 직경 $W1$ 과 동일함)인 홀 패턴을 형성하는 것으로 한다. 시뮬레이션에 의해 적용한 노광 조건은, 이하와 같다. 즉, 노광광은 i선, h선, g선을 포함하는 브로드 파장으로 하고, 강도비는, g선:h선:i선=1:0.8:1로 했다.

[0224] 노광 장치의 광학계는, NA가 0.1이며, 코히런스 팩터 σ 가 0.5이다. 피전사체 상에 형성되는, 레지스트 패턴의

단면 형상을 얻기 위한, 포지티브형 포토 레지스트의 막 두께는, $1.5\mu\text{m}$ 로 했다.

[0225] 상기 조건 하에, 각 전사용 패턴의 성능 평가를 도 5에 도시한다. 또한, 피전사체 상에 형성되는, 광강도의 공간상 및 그에 의해 형성되는 레지스트 패턴의 단면 형상을 도 6에 도시한다.

[0226] (포토마스크의 광학적 평가)

[0227] 예를 들어, 직경이 작은 미세한 투광 패턴을 전사하기 위해서는, 포토마스크 투과 후의 노광광이, 피전사체 상에 형성하는 공간상, 즉, 투과광 강도 곡선의 프로파일이 양호하지 않으면 안된다. 구체적으로는, 투과광 강도의 피크를 형성하는 경사가 날카롭고, 수직에 가까운 상승 방향을 하고 있는 것 및 피크의 광강도의 절대값이 높은 것(주위에 서브 피크가 형성되는 경우에는, 그 강도에 대해 상대적으로, 충분히 높은 것) 등이 긴요하다.

[0228] 보다 정량적으로, 포토마스크를, 광학적인 성능으로부터 평가할 때, 이하와 같은 지표를 사용할 수 있다.

[0229] (1) 초점 심도(DOF)

[0230] 목표 CD에 대해, $\pm 10\%$ 의 범위 내가 되기 위한 초점 심도의 크기. DOF의 수치가 높으면, 피전사체(예를 들어 표시 장치용의 패널 기판)의 평탄도의 영향을 받기 어려워, 확실하게 미세한 패턴을 형성할 수 있어, 그 CD(선풍) 편차가 억제된다.

[0231] (2) MEEF(Mask Error Enhancement Factor)

[0232] Mask CD 오차와 피전사체 상에 형성된 패턴의 CD 오차의 비율을 나타내는 수치이며, MEEF가 낮을수록 피전사체 상에 형성된 패턴의 CD 오차를 저감할 수 있다.

[0233] (3) Eop

[0234] 표시 장치 제조용의 포토마스크에 있어서, 특히 중요한 평가 항목에, Eop가 있다. 이것은, 얻고자 하는 패턴 사이즈를 피전사체 상에 형성하기 위해 필요한 노광광량이다. 표시 장치 제조에 있어서는 포토마스크 사이즈가 크므로(예를 들어, 주 표면의 1변이 300 내지 $1400\mu\text{m}$ 정도의 정사각형 또는 직사각형), Eop 수치가 낮은 포토마스크를 사용하면, 스캔 노광의 속도를 올리는 것이 가능하여, 생산 효율이 향상된다.

[0235] 이상을 근거로 하여, 시뮬레이션 대상의 각 샘플의 성능을 평가하면, 도 5에 도시하는 바와 같이, 실시예 1의 포토마스크는 초점 심도(DOF)가, $55\mu\text{m}$ 이상으로 확대되는 등, 비교예에 비교하여 매우 우수한 점이며, 패턴의 안정된 전사성을 나타낸다. 이것은, MEEF의 값이 작은 것과 함께, 미세한 패턴의 CD 정밀도의 높이를 의미한다.

[0236] 또한, 실시예 1의 포토마스크 Eop의 값이 매우 작다. 이것은, 실시예 1의 포토마스크의 경우에는, 대면적의 표시 장치 제조에 있어서도, 노광 시간이 증대하지 않거나, 또는 단축할 수 있는 장점을 나타내고 있다.

[0237] 또한, 도 6에 도시하는 투과광 강도의 공간상을 참조하면, 실시예 1의 포토마스크의 경우에는, 레지스트가 감광하는 임계값이 되는 레벨(Eth)에 대해, 주 패턴부의 피크를 높게 하는 것이 가능하고, 그 피크의 경사도, 충분히 세울 수 있는(피전사체의 표면에 대해 수직에 근접함) 것이 가능한 것을 알 수 있다. 이 점은, 비교예 1-1 및 1-2와 비교해서 우위에 있다. 여기서는, 보조 패턴을 투과하는 광을, 주 패턴 위치의 광강도 증강에 이용하는 것을 통해서, Eop의 증가와 MEEF의 저감을 달성하고 있다. 또한, 실시예 1의 포토마스크에서는, 주 패턴의 전사상 위치의 양측에 사이드 피크가 발생하고 있지만, Eth 이하이므로, 주 패턴의 전사에는 영향이 없다.

[0238] 또한, 이 사이드 피크에서 유래하는 레지스트 잔막의 손실을 저감하는 방법에 대해서, 이하에 설명한다.

[0239] 포토마스크에 형성하는 전사용 패턴의 디자인을 변경하고, 도 7에 도시하는 비교예 2-1, 비교예 2-2와 실시예 2의 샘플을 사용해서, 시뮬레이션을 행했다. 여기서는, 각 샘플 모두, 주 패턴의 직경 W1을 $2.5(\mu\text{m})$ 로 하고 있는 점에서, 상기 샘플(비교예 1-1, 비교예 1-2와 실시예 1)과 다르다.

[0240] (비교예 2-1)

[0241] 도 7에 도시하는 바와 같이, 비교예 2-1의 포토마스크는, 투명 기판 상에 형성한 차광막 패턴을 포함하는, 소위 바이너리 마스크의 패턴이다. 비교예 2-1의 포토마스크에서는, 투명 기판이 노출되는 투광부를 포함하는 주 패턴이, 차광부에 둘러싸여져 있다. 이 주 패턴의 직경 W1(정사각형의 1변)은 $2.5(\mu\text{m})$ 이다.

[0242] (비교예 2-2)

[0243] 도 7에 도시하는 바와 같이, 비교예 2-1의 포토마스크는, 노광광 투과율(대 h선)이 5%이며 위상 시프트량이

180도의 반투광막을 패터닝함으로써 형성된, 주 패턴의 직경 $W1$ (정사각형의 1변)이 $2.5(\mu\text{m})$ 인 사각형의 투광부를 포함하는 주 패턴을 갖는, 하프톤형 위상 시프트 마스크이다.

[0244] (실시예 2)

도 7에 도시하는 바와 같이, 실시예 2의 포토마스크는, 본 발명의 전사용 패턴이다. 실시예 2의 포토마스크의 주 패턴은, 주 패턴의 직경 $W1$ (정사각형의 1변)이 $2.5(\mu\text{m})$ 인 정사각형이며, 보조 패턴은 폭 d 가 $1.3(\mu\text{m})$ 인 팔각형띠이며, 주 패턴 중심과, 보조 패턴의 폭 중심의 거리인 피치 P 는, $4(\mu\text{m})$ 로 했다. 여기서도, 실시예 2의 포토마스크는, 제1 형태의 포토마스크를 상정하고 있다.

[0245] 비교예 2-1, 비교예 2-2와 실시예 2의 포토마스크를 사용해서, 피전사체 상에, 직경이 $2.0\mu\text{m}$ 인 홀 패턴을 형성하는 것으로 한다. 즉, 이들 포토마스크의 마스크 바이어스($\beta=W1-W2$)를 $0.5(\mu\text{m})$ 로 했다. 시뮬레이션에 의해 적용한 노광 조건은, 상술한 비교예 1-1 및 1-2와 실시예 1의 포토마스크 경우와 동일하다.

[0246] 도 7에 도시된 데이터로부터 명백해진 바와 같이, 실시예 2의 포토마스크를 사용한 경우에는, 우수한 DOF, MEEF와 함께, 비교예 2-1 및 2-2에 대해 유리한 성능을 나타냈다. 실시예 2의 포토마스크에서는, 특히 DOF가, $35\mu\text{m}$ 를 초과하는 수치로 되어 있다.

[0247] 또한, 도 8에 도시하는 투과광 강도의 공간상과, 피전사체 상의 레지스트 패턴 단면 형상을 참조하면, 또한, 실시예 2의 샘플이 갖는 우수한 특성이 명백하게 된다. 도 8에 도시하는 바와 같이, 실시예 2의 포토마스크를 사용한 경우에는, 주 패턴에 대응하는 피크가, 양쪽 사이드에 형성되는 사이드 피크보다 각별히 높아, 레지스트 데미지가 거의 발생하지 않는다.

[0248] 이상의 결과로부터, 본 발명의 포토마스크를 사용한 패턴 전사의 경우에는, 마스크 바이어스 β 가 $0.5(\mu\text{m})$ 정도, 구체적으로는, 0.2 내지 $1.0(\mu\text{m})$ 의 범위인 전사용 패턴에 있어서, 보다 실용에 이바지하기 쉬운, 우수한 전사상을 얻을 수 있는 것이 명백하게 되었다.

[0249] 이상에 의해, 본 발명의 포토마스크의 우수한 성능이 확인되었다. 특히, 본 발명의 포토마스크를 사용하면, $2\mu\text{m}$ 이하의 미세한 패턴에 있어서, MEEF가 2.5 이하의 수치를 얻을 수 있는 것은, 장래의 표시 장치 제조에 있어서의 의의가 크다.

[0250] 본 발명의 포토마스크의 용도에 특별히 제한은 없다. 본 발명의 포토마스크는, 액정 표시 장치나 EL 표시 장치 등을 포함하는 표시 장치의 제조 시에, 바람직하게 사용할 수 있다.

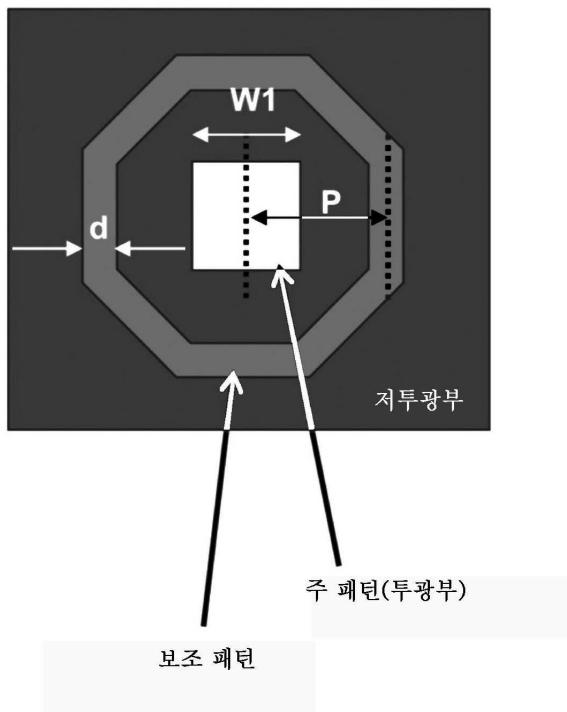
[0251] 본 발명의 포토마스크에 의하면, 주 패턴과 보조 패턴의 양쪽을 투과하는 노광광의 상호 간섭을 제어하고, 노광시에 제로 차광을 저감시켜, ± 1 차광의 비율을 상대적으로 증대시킬 수 있다. 이로 인해, 투과광의 공간상을 대폭으로 개선할 수 있다.

[0252] 이와 같은 작용 효과를 유리하게 얻을 수 있는 용도로서, 액정이나 EL 장치에 다용되는 콘택트 홀 등, 고립된 홀 패턴의 형성을 위해 본 발명의 포토마스크를 사용하는 것이 유리하다. 패턴의 종류로서는, 일정한 규칙성을 갖고 다수의 패턴이 배열됨으로써, 이들이 서로 광학적인 영향을 서로 미치는 밀집(Dense) 패턴과, 이러한 규칙적 배열의 패턴이 주위에 존재하지 않는 고립 패턴을 구별해서 호칭하는 경우가 많다. 본 발명의 포토마스크는 피전사체 상에 고립 패턴을 형성하고자 할 때 바람직하게 적용된다.

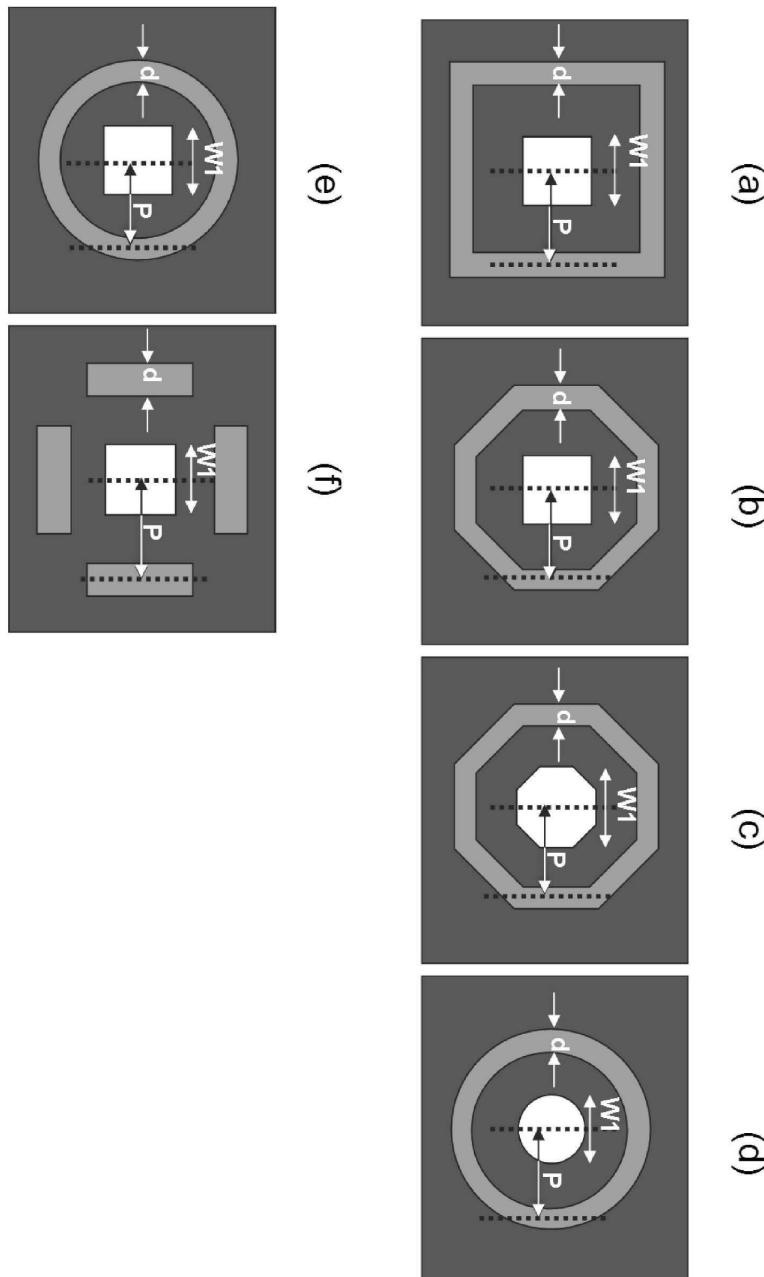
[0253] 본 발명의 효과를 손상시키지 않는 범위에서, 본 발명의 포토마스크에는 부가적인 광학막이나 기능막을 사용해도 좋다. 예를 들어, 저투광막이 갖는 광투과율이, 검사나 포토마스크의 위치 검지에 지장을 주는 문제를 방지하기 위해, 전사용 패턴 이외의 영역에 차광막이 형성되는 구성으로 해도 좋다. 또한, 반투광막에 있어서는, 그 표면에 묘화광이나 노광광의 반사를 저감시키기 위한 반사 방지층을 형성해도 좋다.

도면

도면1

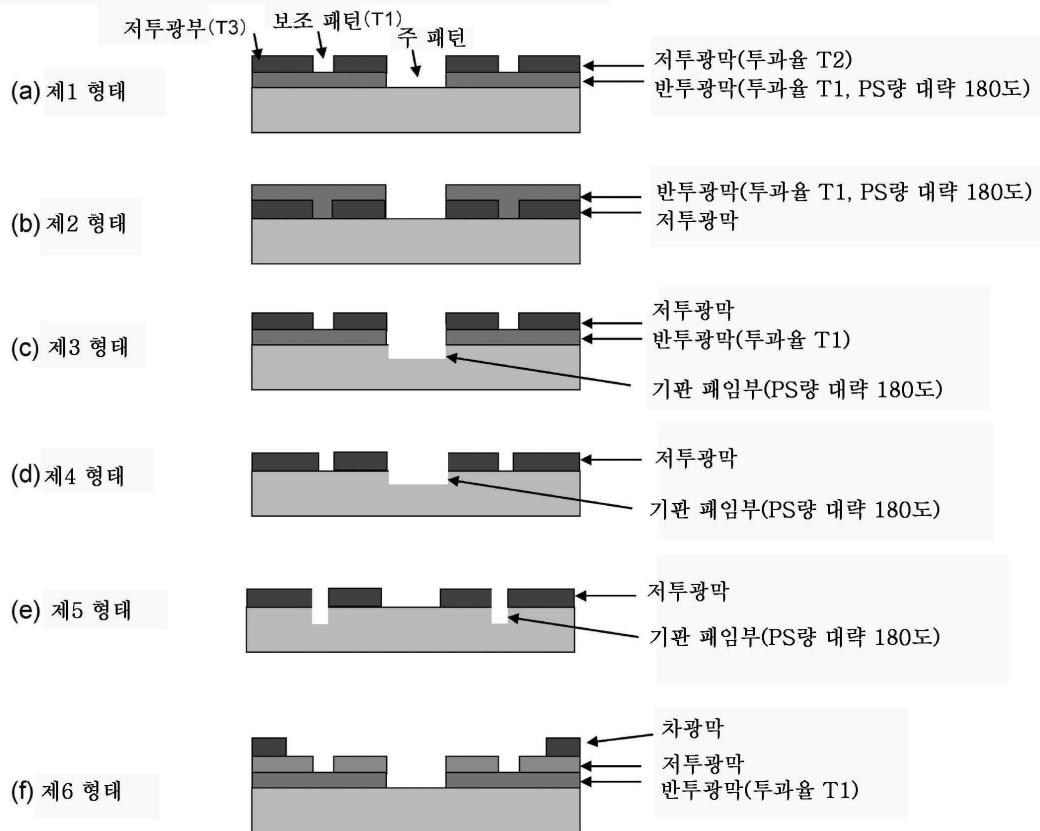


도면2

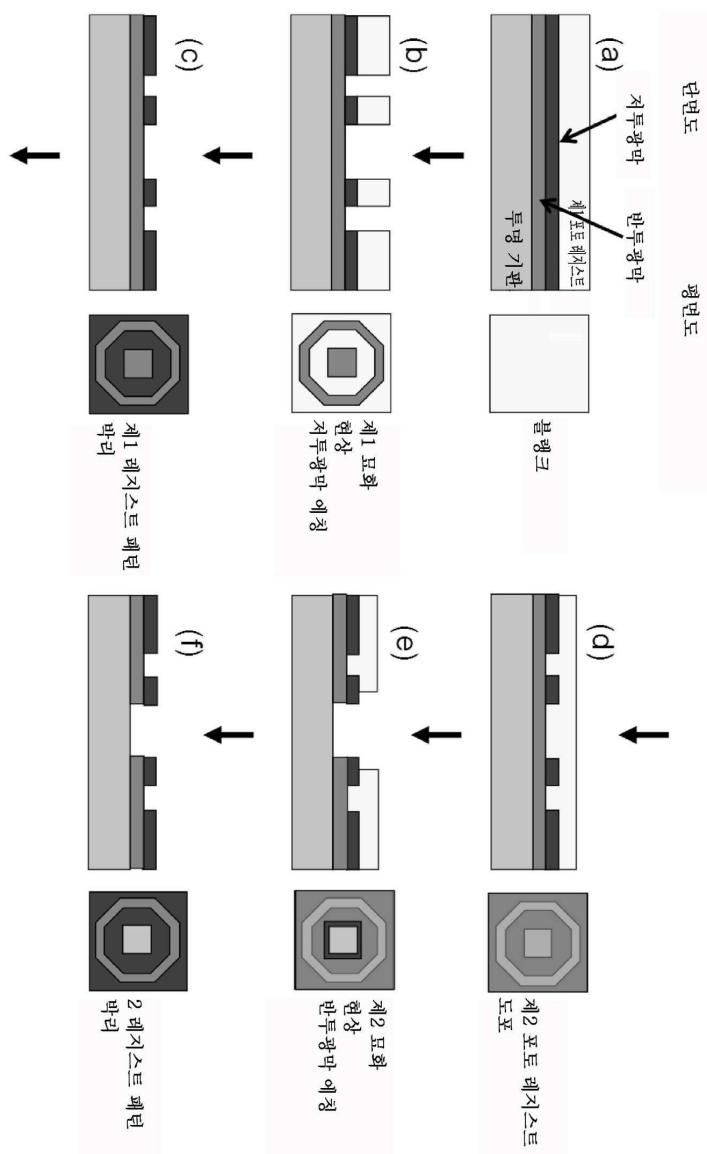


도면3

본 발명의 포토마스크층 구성 예



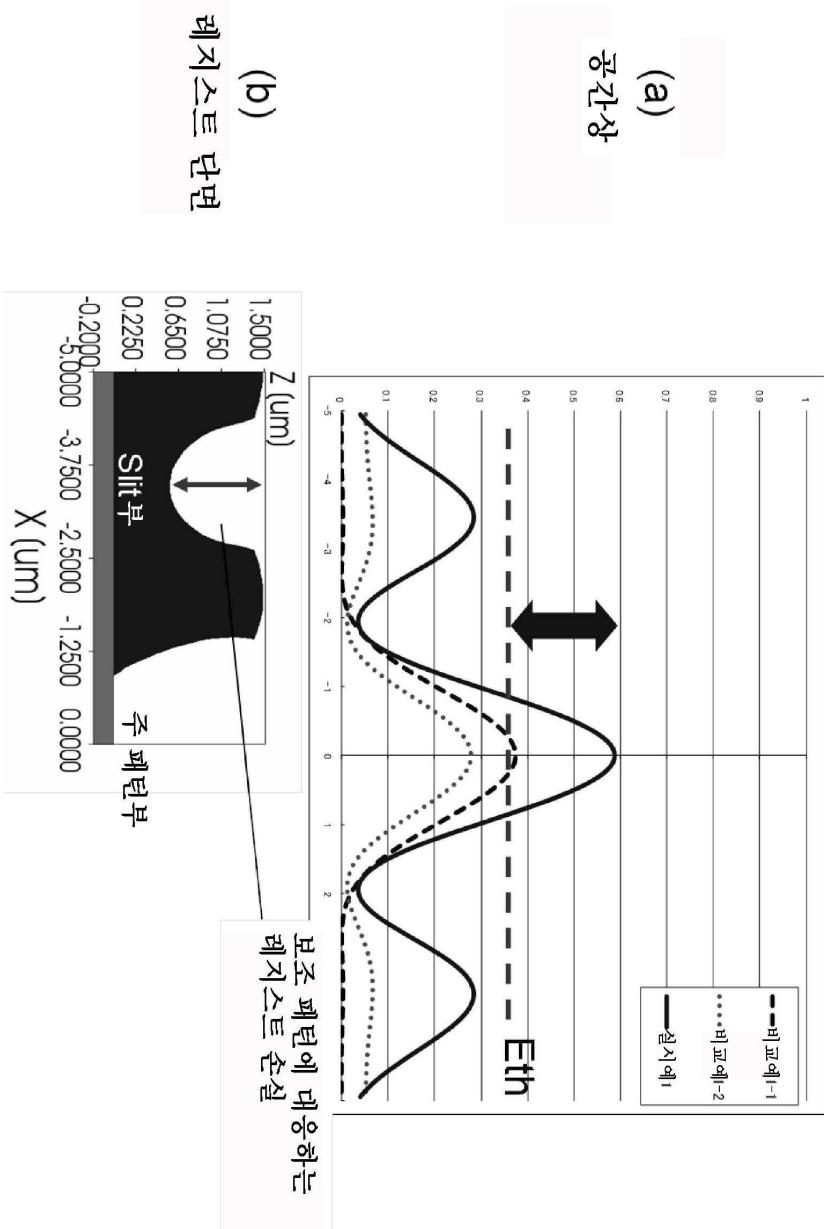
도면4



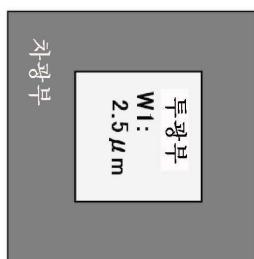
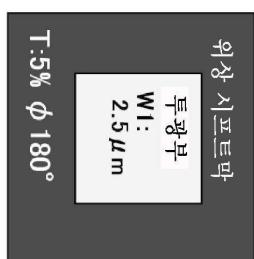
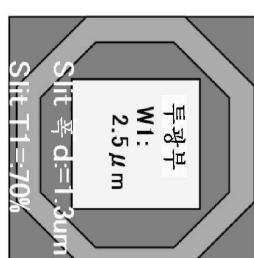
도면5

	비교 예 1-1	비교 예 1-2	설사 예 1
Sim 공통 조건	g:h:=1:0.8:1 P/R:1.5um	위상 시프트막 트광부 W1: 2.0 μ m 차광부	트광부 W1: 2.0 μ m T:5% ϕ 180° Slit T1=70%
적경W1 (μm)	2.0		
적경W2 (μm)	2.0		
NA	0.1		
σ	0.5		
Eop(mJ)	77	118	52
DOF(μm)	23.5	40.8	55.3
MEEF	4.0	3.9	2.5

도면6



도면7

	비교 예 2-1	비교 예 2-2	실시 예 2
Sim 공통 조건 g:h:i=1:0.8:1 P/R:1.5um	 <p>트광부 W1: 2.5 μm 차광부</p>	 <p>위상 시프트막 트광부 W1: 2.5 μm T:5% ϕ 180°</p>	 <p>트광부 W1: 2.5 μm Slit $\frac{W}{2} = 1.3$um Slit-T1=70%</p>
직경W1 (μ m)	2.5		
직경W2 (μ m)	2.0		
NA	0.1		
σ	0.5		
Eop(mJ)	51	49	31
DOF(um)	21.8	30.5	37.3
MEEF	3.5	2.7	2.0

도면8

