

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) Int. Cl. ⁶ H01L 21/312	(45) 공고일자 2000년09월 15일
	(11) 등록번호 10-0265549
	(24) 등록일자 2000년06월 15일
(21) 출원번호 10-1996-0050584	(65) 공개번호 특1997-0023842
(22) 출원일자 1996년10월31일	(43) 공개일자 1997년05월30일
(30) 우선권주장 95-308358 1995년10월31일 일본(JP)	
(73) 특허권자 닛본 덴기 가부시끼가이샤 일본국 도쿄도 미나토구 시바 5쵸메 7방 1고	가네꼬 히사시
(72) 발명자 이시다 긴지 일본 도쿄도 미나토구 시바 5쵸메 7-1 닛본 덴기 가부시끼가이샤내 야스자또 다다오	
(74) 대리인 구영창, 장수길	일본 도쿄도 미나토구 시바 5쵸메 7-1 닛본 덴기 가부시끼가이샤내

심사관 : 신창우

(54) 하프톤형 위상 시프트 포토마스크 및 그 제조 방법

요약

본 발명은 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 관한 것으로, 종래의 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서, 얻어진 포토레지스트 패턴의 세로 길이는 광학적 근사 효과로 인해 축소된다. 그래서, 이와 같은 광학적 근사 효과를 감소시키기 위해, 광학적 근사 교정(OPC) 포토마스크가 개발되었는데, 이는 패턴이 복잡하여 제조 비용을 증가시키는 단점이 있다.

따라서, 본 발명은 상기 문제를 해결하기 위한 것으로, 본 발명에 따른 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서, 패턴화된 하프톤층(2)이 투명 기판(1)위에 형성되고, 광 스크린 층(3)이 하프톤층위에 형성되어, 마스크 패턴의 일부가 불투명에서 하프톤으로 바뀌어 레지스트 패턴의 성능을 향상시킨다.

대표도

도 16

명세서

도면의 간단한 설명

- 도 1a는 종래의 제1조사 방법을 설명하는 종래 기술의 포토리소그래피 장치를 도시하는 도면.
 도 1b는 도 1a의 조리개의 평면도.
 도 2a는 종래의 제2조사 방법을 설명하는 종래 기술의 다른 포토리소그래피 장치를 도시하는 도면.
 도 2b는 도 2a의 조리개의 평면도.
 도 3a는 종래 기술의 포토마스크를 도시하는 평면도.
 도 3b는 도 3a의 B-B선을 따라 절취한 단면도.
 도 3c는 도 3a 및 도 3b의 포토마스크를 통과한 광 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도 3d는 도 3a 및 도 3b의 포토마스크에 의해 얻어진 이미지 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도 4a는 종래 기술의 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크를 도시하는 평면도.
 도 4b는 도 4a의 B-B선을 따라 절취한 단면도.
 도 4c는 도 4a 및 도 4b의 포토마스크를 통과한 광 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도 4b는 도 4a 및 도 4b의 포토마스크에 의해 얻어진 이미지 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도 5a는 종래 기술의 림형(rim type) 위상 시프트 포토마스크를 도시하는 평면도.
 도 5b는 도 5a의 B-B선을 따라 절취한 단면도.
 도 5c는 도 5a 및 도 5b의 포토마스크를 통과한 광 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도 5d는 도 5a 및 도 5b의 포토마스크에 의해 얻어진 이미지 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.

도6a는 종래 기술의 하프톤형(halftone(감쇠된) type) 위상 시프트 포토마스크를 도시하는 평면도.
 도6b는 도6a의 B-B선을 따라 절취한 단면도.
 도6c는 도6a 및 도6b의 포토마스크를 통과한 광 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도6d는 도6a 및 도6b의 포토마스크에 의해 얻어진 이미지 패턴의 광 강도 특성을 도시하는 그래프.
 도7a 내지 도7f는 도6a 및 도6b의 종래 기술의 하프톤형 포토마스크에 의해 얻어진 포토레지스트 층들의 패턴도.
 도8a는 광학적 근사 효과를 설명하는 종래의 포토마스크의 패턴도.
 도8b는 도8a의 포토마스크에 의해 얻어진 포토레지스트 층의 패턴도.
 도9a 내지 도9d는 OPC 포토마스크의 패턴도.
 도10a는 본 발명에 따른 OPC 하프톤형 포토마스크의 실시예를 도시하는 평면도.
 도10b는 도10a의 B-B선을 따라 절취한 단면도.
 도11a 내지 도11f는 도10a 및 도10b의 OPC 하프톤형 포토마스크에 의해 얻어진 포토레지스트 층들의 패턴도.
 도12a, 도12b, 도12c, 및 도12d는 도10a 및 도10b의 OPC 하프톤형 포토마스크의 설계를 설명하는 도면.
 도13은 도12a 및 도12b의 하프톤 길이 특성을 도시하는 그래프.
 도14는 도10a 및 도10b의 OPC 하프톤형 포토마스크의 초점 특성을 도시하는 그래프.
 도15a 내지 도15h는 도10a 및 도10b의 OPC 하프톤형 포토마스크의 제조 단계를 설명하는 단면도.
 도16은 본 발명이 적용되는 포토마스크의 일례를 도시하는 평면도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : 투명 기판	2, 204 : 하프톤층
2a : 하프톤층 패턴	3, 3a, 202 : 광 스크린 층
4, 5 : 포토레지스트 층	4a, 5a : 포토레지스트 패턴
101 : 수은 램프	102 : 간섭 필터
103 : 렌즈	104 : 조리개
105 : 포토마스크	106 : 투사 렌즈
107 : 반도체 웨이퍼	202a, 202b, 204a : 구멍
203 : 투명층	

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 하프톤형 위상 시프트 포토마스크(a halftone type phase shift photomask)에 관한 것이다.

일반적으로, 반도체 제조 공정에서, 포토마스크에 의한 포토리소그래피 기술이 사용되고 있다. 그러나, 1의 축소비를 갖는 특수한 포토마스크를 레티클(areicle)이라고 하나, 본 발명에서는 이와 같은 레티클도 역시 포토마스크라고 가정한다는 것에 유의한다.

포토리소그래피 기술에서, 최소 패턴의 치수를 나타내는 한계 해상도 R은 레일레이 공식(the Rayleigh formula)으로 다음과 같이 표현한다:

$$R = K_1 \cdot \lambda / NA$$

여기서 K_1 은 포토리소그래피 공정에 따른 상수이고, λ 는 광의 파장이고, NA는 노광 시스템의 수치 구멍(a numeral aperture)이다. 따라서, NA가 클수록 R은 커진다. 한편, 초점 깊이(DOF, a depth-of-focus)는 다음과 같이 표현된다 :

$$DOF = K_2 \cdot \lambda / NA^2$$

여기서 K_2 는 포토리소그래피 공정에 따른 상수이다. 따라서, NA가 클수록 DOF는 작다. 이와 같이, NA를 확대함으로써 한계 해상도 R은 축소될 수 없다.

NA를 변화시키지 않고 한계 해상도를 축소하기 위해서는, 다양한 극 해상도 기술이 개발되고 있다. 한 가지 기술은 조사 시스템을 향상시켜 광 투과율을 조절하는 것이고, 다른 한 가지 기술은 포토마스크를 향

상시켜 광의 투과율과 위상을 조절하는 것이다. 또 다른 기술은 투사 렌즈의 조리개를 향상시켜 광의 투과율과 위상을 조절하는 것이다.

조사 방법은 나중에 상세히 서술될 것이다.

또한, 위상 시프트 포토마스크 또는 시부야-레벤손 시스템(Shibuya-Levenson systems)이라고 하는 향상된 포토마스크가 존재한다. 위상 시프트 포토마스크는 크게 보조 패턴형, 링형 및 하프톤(감쇠된)형으로 구분되는데, 이는 나중에 상세히 서술될 것이다.

보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크 및 링형 위상 시프트 포토마스크는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 비해 복잡하다. 즉, 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크 및 링형 위상 시프트 포토마스크는 제조하고 검사하기가 힘들어, 제조 비용이 증가한다. 이와 같은 단점으로 인해, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크는 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크 및 링형 위상 시프트 포토마스크에 비해 장점이 있다. 게다가, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크는 비위상 시프트 포토마스크에 비해 DOF가 뛰어나다.

그러나, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서, 얻어진 포토레지스트 패턴의 세로 길이는 광학적 근사 효과로 인해 축소된다. 이는 비위상 시프트 포토마스크와 비교하여 단점이 된다.

한편, 광학적 근사 효과를 감소시키기 위해, 광학적 근사 교정(OPC) 포토마스크가 개발되었는데, 이는 나중에 상세히 서술될 것이다. 그러나, OPC 포토마스크 패턴이 복잡하여 제조 비용이 증가한다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

본 발명의 목적은 OPC 기능을 갖는 향상된 하프톤형 위상 시프트 포토마스크를 제공하는 것이다.

본 발명에 따르면, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서는, 패턴화된 하프톤층이 투명 기판 위에 형성되고, 광 스크린 층은 하프톤층위에 형성된다. 즉, 마스크 패턴의 일부가 불투명에서 하프톤으로 바뀌어 레지스트 패턴의 성능이 향상된다.

본 발명은 첨부하는 도면을 참조로 종래 기술과 비교하여 이하 서술된 바와 같은 설명으로부터 보다 명확히 알 수 있을 것이다.

발명의 구성 및 작용

바람직한 실시예를 설명하기 전에, 종래 기술의 조사 방법, 종래 기술의 포토마스크 및 종래 기술의 광학적 근사 교정 방법이 도 1a, 도 1b, 도 2a, 도 2b, 도 3a 내지 도 3d, 도 4a 내지 도 4d, 도 5a 내지 도 5d, 도 6a 내지 도 6d, 도 7a, 도 7b, 도 8a 내지 도 8e 및 도 9a 내지 도 9d를 참조하여 설명될 것이다.

도 1a는, 통상의 제1조사 방법을 설명하는 종래 기술의 포토리소그래피 장치를 도시한 것으로서, 참조 번호 101은 광 빔을 발생하는 수은 램프를 가리킨다. 광 빔은 냉각 미러(도시되지 않음)를 거쳐 간섭 필터(102)로 전달되어, 단색 광 빔으로 변환된다. 단색 광 빔은 다수의 병렬인 렌즈 유닛으로 형성된 플라이-아이(fly-eye) 렌즈(103)에 입사한다. 결국, 단색 광 빔은 플라이-아이 렌즈(103)를 통해 균일하게 된다. 다음에, 단색 광 빔은 도 1b에 도시된 바와 같은 구멍 환형 조리개(104)를 통과하여 포토마스크(105)에 도달한다. 다음에, 포토마스크(105)를 통과한 단색 광 빔은 투사 렌즈(106)에 의해 반도체 웨이퍼(107) 상으로 투사된다.

도 1a에서, 수은 램프(101)는 주 광원이라 불리고, 플라이-아이 렌즈(103)는 보조 광원이라고 불린다. 또한, 이 경우, 포토마스크(105)의 조사 상태는 주로 수은 램프(101)가 아닌 플라이-아이 렌즈(103)에 의존한다.

그러나, 도 1a 및 도 1b에 도시된 바와 같은 포토리소그래피 장치에서, ±제1계 회절 광 성분 뿐 아니라 제로계 광(전송광)성분이 포토마스크(105)로부터 투사렌즈(106) 및 반도체 웨이퍼(107)로 입사한다. 이 경우, 포토마스크(105)의 패턴이 더욱 미세해질 때, ±제1계 회절 광 성분 이상의 제로계 광 성분은 투사렌즈(106)와 반도체 웨이퍼(107)에 입사한다. 제로계 광 성분은 해상도 또는 DOF에 기여하지 않는다는 것에 유의한다.

도 2a는, 통상의 제2조사 방법을 설명하기 위한 다른 종래 기술의 포토리소그래피 장치를 도시한 것으로, 도 1a 및 도 1b의 구멍 환형 조리개 대신에 도 2b에 도시된 바와 같은 링형 조리개(104')가 제공된다. 결국, 제로계 광 성분보다는 +제1 또는 -제1계 회절 광 성분이 포토마스크(105)로부터 투사 렌즈(106) 및 반도체 웨이퍼(107)로 입사한다. 따라서, 투사 렌즈(106) 및 반도체 웨이퍼(107)에 입사하는 제로계 광 성분은 감소하여, 보다 높은 해상도와 보다 큰 DOF에 기여한다.

도 3a는 종래 기술의 포토마스크를 도시하는 평면도이고, 도 3b는 도 3a의 B-B선을 따라 절취한 단면도이다. 즉, 참조 번호 201은 Cr과 CrO로 만들어진 약 70 내지 100nm 두께의 스크린 층(202)이 형성된 투명 기판을 가리킨다. 또한, 구멍(202a)이 광 스크린 층(202)에 뚫려 있다. 따라서, 도 3a 및 도 3b의 포토마스크를 통과하는 광의 진폭은 구멍(202a) 내에서는 유한하고, 구멍(202a)을 벗어난 곳에서는 제로이다. 이와 같이, 도 3a 및 도 3b의 포토마스크를 통과하는 광의 진폭은 도 3c에 도시된 바와 같은 직사각 특성을 나타낸다. 한편, 도 3a 및 도 3b의 포토마스크에서 광 패턴은 일반적으로 푸리에 변환에 의해 표현되고, 역 푸리에 변환에 의해 투사 렌즈(106)(도 1a 및 도 1b를 참조)에서 변환되어서, 반도체 웨이퍼(107)(도 1a 및 도 1b를 참조)에 도 3a 및 도 3b의 포토마스크의 광 패턴을 얻게 된다. 그러나, 이 경우 투사 렌즈(106)가 저역 통과 필터로서의 역할을 하기 때문에, 반도체 웨이퍼(107)에서 고주파수 성분이 광 패턴으로부터 제거된다. 결국, 도 3d에 도시된 바와 같이, 광 성분의 진폭의 제곱 값에 의해 표현되는, 반도체 웨이퍼(107)에서의 광 패턴의 광 강도는 도 3c의 직사각 특성을 잃게 된다.

도 4a는 종래 기술의 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크를 도시하는 평면도이고, 도 4b는 도 4a의 B-B선을 따라 절취한 단면도이다. 도 4a 및 도 4b에서, 구멍(202b)은 도 3a 및 도 3b의 광 스크린 층(202)의 구멍(201a) 양쪽에 제공되고, SiO₂에 의해 제조된 투명층(203)이 구멍(202b) 상에 제공된다. 이 경우, 구멍

(202a)이 임계 해상도 값보다 큰 폭을 가지는 반면, 구멍(202b)은 임계 해상도 값보다 작은 폭을 갖는다. 또한, 투명층(203)의 두께 t 는 다음 식을 만족한다 :

$$t = (\lambda/2) / (n_1 - n_0) \quad (1)$$

여기서, λ 는 도4a 및 도4b의 포토마스크를 통과하는 광의 파장이고,

n_1 은 투명층(203)의 굴절률이고,

n_0 은 공기의 굴절률이다($n_0=1$).

따라서, 구멍(202a)과 구멍(202b) 간의 위상차는 180° 이므로, 투명층(203)은 위상 시프터(phase shifter)라고 불린다. 따라서, 도4c에 도시된 바와 같이, 도4a 및 도4b의 포토마스크를 통과하는 광의 진폭은, 구멍(202a) 및 구멍(202b)내에서는 유한하고, 구멍(202a) 및 구멍(202b) 외부에서는 제로이다. 이 경우, 구멍(202a)을 통과하는 광의 진폭은 위상에 있어서 구멍(202b)을 통과하는 광의 진폭에 반대이다. 따라서, 도4a 및 도4b의 포토마스크를 통과한 광은 도4c에 도시된 바와 같이 부수적인 준 직사각형을 갖는 직사각 특성을 갖는다. 도4c의 진폭이 위상의 형태로 도시되어 있다는 것에 유의한다. 한편, 도4a 및 도4b의 포토마스크에서의 광 패턴도 역시 일반적으로 푸리에 변환에 의해 표현되고, 역 푸리에 변환에 의해 투사렌즈(106)(도1a 및 도2a를 참조)에서 변환되어, 반도체 웨이퍼(107)에서 도4a 및 도4b의 포토마스크의 광 패턴을 얻게된다. 이 경우, 투사렌즈(106)도 역시 저역통과 필터로서의 역할을 하기 때문에, 반도체 웨이퍼(107)에서 고주파수 성분이 광패턴으로부터 제거된다. 결국, 도4d에 도시된 바와 같이, 반도체 웨이퍼(107)에서의 광 패턴의 광 강도는 도4c의 직사각 특성을 잃게 된다.

도4d에 도시된 바와 같은 광 강도 특성은 도3d에 도시된 것에 비해 날카롭다. 따라서, 도4a 및 도4b의 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크는 보다 높은 해상도 및 보다 큰 DOF에 기여한다.

도5a는 종래 기술의 링형 위상 시프트 포토마스크를 도시하는 평면도이고, 도5b는 도5a의 B-B선을 따라 절취한 단면도이다 (JP-A-3-191347을 참조). 도5a 및 도5b에서, SiO₂ 등에 의해 제조된 투명층(위상 시프터)(203)이 광 스크린 층(202) 뿐 아니라 구멍(202a)위에 제공된다. 이 경우, 구멍(202a)에서 투명층(203)의 두께 t 는 다음 식을 만족한다 :

$$t = (\lambda/2) / (n_1 - n_0) \quad (2)$$

여기서, λ 는 도5a 및 도5b의 포토마스크를 통과하는 광의 파장이고,

n_1 은 투명층(203)의 굴절률이고,

n_0 은 공기의 굴절률($n_0=1$)이다.

따라서, 구멍(202a)의 중심부와 주변부간의 위상차는 180° 이다. 따라서, 도5c에 도시된 바와 같이, 도5a 및 도5b의 포토마스크를 통과하는 광의 진폭은 구멍(202a)내에서는 유한하고, 구멍(202a) 외부에서는 제로이다. 이 경우, 구멍(202a)의 중심부를 통과하는 광의 진폭은 위상에 있어서 구멍(202a)의 주변부를 통과하는 광의 진폭과 반대이다. 따라서, 도5a 및 도5b의 포토마스크를 통과한 광은 도5c에 도시된 바와 같이 부수적인 준 직사각형을 갖는 직사각 특성을 갖는다. 결국, 도5d에 도시된 바와 같이, 반도체 웨이퍼(107)에서 광 패턴의 광 강도는 도5c의 직사각 특성을 잃는다.

또한 도5d에 도시된 바와 같은 광 강도 특성은 도3d에 도시된 것에 비해 날카롭다. 따라서, 도5a 및 도5b의 링형 위상 시프트 포토마스크는 보다 높은 해상도 및 보다 큰 DOF에 기여한다.

도6a는 종래 기술의 위상 시프트 하프톤 (감쇠된)형 포토마스크를 도시하는 평면도이고, 도6b는 도6a의 B-B선을 따라 절취한 단면도이다 (JP-A-4-136854를 참조). 도6a 및 도6b에서, 크롬 질화 산화물 등으로 만들어진 하프톤층(204)이 도3a 및 도3b의 광 스크린 층(202) 대신에 제공된다. 이 경우, 하프톤층(204)의 투과율은 일반적으로 약 3 내지 15%이고, 구멍(204a)은 하프톤층(204)에 뚫려 있다. 또한, 하프톤층(204)의 두께 t 는 다음 식을 만족한다 :

$$t = (\lambda/2) / (n_2 - n_0) \quad (3)$$

여기서, λ 는 도6a 및 도6b의 포토마스크를 통과하는 광의 파장이고,

n_2 는 하프톤층(204)의 굴절률이고, ..

n_0 은 공기의 굴절률($n_0=1$)이다.

따라서, 하프톤층(204)과 구멍(204a) 간의 위상차는 180° 이므로, 하프톤층(204)도 역시 하프톤 위상 시프터(halftone phase shifter)로 불린다. 따라서, 도6c에 도시된 바와 같이, 도6a 및 도6b의 포토마스크를 통과하는 광의 진폭은 유한하다. 이 경우, 하프톤층(204)을 통과하는 광의 진폭은 작고, 위상에 있어서는 구멍(204a)을 통과하는 광의 진폭에 반대이다. 따라서, 도6a 및 도6b의 포토마스크를 통과한 광은 도6c에 도시된 바와 같이 직사각 특성을 갖는다. 결국, 도6d에 도시된 바와 같이, 반도체 웨이퍼(107)에서 광 패턴의 광 강도는 도6c의 직사각 특성을 잃게 된다.

도6d에 도시된 바와 같은 광 강도 특성은 도3d에 도시된 것에 비해 날카롭다. 따라서, 도6a 및 도6b의 하프톤형 위상 시프트 포토마스크는 보다 높은 해상도와 보다 큰 DOF에 기여한다.

도6a 및 도6b에 도시된 바와 같은 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서, 만일 이 위상 시프트 포토마스크가 레티클로 사용되면, 이 레티클에 의해 노출된 반도체 웨이퍼의 하나의 타겟 노출 영역도 역시 반도체 웨이퍼의 인접하는 영역을 노출시키기 위한 광 빔에 의해 조사되므로, 반도체 웨이퍼에 노출 결함 즉, 다중 노출에 의해 레지스트 막 두께의 손상을 초래하게 된다. 이와 같은 노출 결함을 피하기 위해, 프레

임-형 광 스크린 층이 하프톤층위에 제공된다 (JP-A-6-282063을 참조).

도4a 및 도4b에 도시된 바와 같은 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크와 도5a 및 도5b에 도시된 바와 같은 링형 위상 시프트 포토마스크는 도6a 및 도6b에 도시된 바와 같은 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 비해 복잡하다. 즉, 보조 패턴형 위상 시프트 포토마스크 및 링형 위상 시프트 포토마스크는 제조하고 검사하기가 힘들며, 제조 비용이 증가된다.

도7a 내지 도7f는 도3a 및 도3b의 종래 기술의 비위상 시프트 포토마스크에 의해 얻어지고, 도6a 및 도6b의 종래 기술의 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 의해 얻어진 시뮬레이션된 포토레지스트 패턴이다. 여기서, 광의 파장 λ 는 365nm이고, NA는 0.6이며, 도2a 및 도2b에 도시된 바와 같은 링형 조리개가 사용된다. 또한, 하프톤층(204)의 투과율 T는 8%이다. 즉, 비위상 시프트 포토마스크에서, 만일 디포커스 (defocus) ΔF 가 변하면, 성능이 크게 변한다. 한편, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서는, 심지어 디포커스 ΔF 가 변할지라도 성능은 거의 변하지 않는다. 이는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크가 DOF에 있어서 뛰어나다는 것을 의미한다.

그러나, 도7a 내지 도7f에 도시된 바와 같이 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서, 포토레지스트 패턴의 세로 길이는 광학적 근사 효과로 인해 감소된다. 이는 비위상 시프트 포토마스크와 비교하여 단점이 된다.

광학적 근사 효과는 도8a 및 도8b를 참조로 다음에 설명된다. 즉, 도8a에 도시된 바와 같이 직사각형 패턴을 갖는 포토마스크가 사용될 때, 도8b와 같은 포토레지스트 패턴이 얻어진다. 이 경우, 도8b의 포토레지스트 패턴은 광학적 근사 효과로 인해 도8a의 포토마스크의 패턴보다 감소한다. 특히, 각 포토레지스트 패턴의 세로 길이가 감소되고, 포토레지스트 패턴의 모서리가 둥글게 된다. 광학적 근사 효과를 감소시키기 위해, 도9a 내지 도9d에 도시된 바와 같은 OPC 포토마스크가 개발되었다.

마스크 바이어스 교정법을 도시하는 도9a에서, 직사각 포토마스크 패턴의 세로 길이를 길게 하여, 포토레지스트 패턴의 세로 길이의 단축을 보상한다.

도9b에는, 해머 헤드 교정법(a hammer head correction method), 즉 부분적 마스크 바이어스 방법이 도시되어 있다. 즉, 포토마스크 패턴의 단부가 확대된다. 또한, 도9c에서, 세리프 교정법(a serif correction method)이 도시되어 있다. 즉, 작은 돌출부가 포토레지스트 패턴의 네개의 단부에 부가되어 있다. 해머 헤드 교정법과 세리프 교정법 모두는 모서리 라운딩을 보상하는데 도움이 된다.

또한, 도9d에서는, 포토레지스트 패턴의 두개 단부에 보조 패턴이 부가되어, 포토레지스트 패턴의 세로 길이의 단축을 보상한다.

도9b, 도9c 및 도9d에 도시된 바와 같은 OPC 포토마스크에서는, 패턴이 복잡하므로, 제조 비용이 증가한다. 즉, 첫 번째로 마스크 패턴의 데이터 양이 증가된다. 둘째, 세리프 및 보조 패턴이 너무 작을 때, 패턴을 묘사하기 위한 전자빔의 크기가 변화하므로, 묘사 시간이 증가된다. 세 번째는, 복수의 필드간의 배팅 에러(a batting error)가 증가되어, 패턴이 변형된다.

본 발명에서, 도6a 및 도6b의 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 새로운 OPC 기술이 도입된다.

도10a는 본 발명에 따른 OPC 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 실시예를 도시하는 평면도이고, 도10b는 도10a의 B-B선을 따라 절취한 단면도이다. 도10a 및 도10b에서는, 도6a 및 도6b에서와 동일한 방식으로, 참조 번호 1은 SiO₂ 등에 의해 제조된 투명 기판을 가리키고, 2는 투명 기판(1) 위에 형성된 크롬 질화산화물 등에 의해 제조된 하프톤층을 가리킨다. 도6a 및 도6b의 포토마스크에 덧붙여, 약 50nm 두께의 광 스크린 층(3)이 하프톤층(2)위에 형성된다. 또한, 하프톤 층(2)의 두께 t는 상술한 수학식(2)을 만족한다.

또한, 하프톤층(2)의 각 패턴에서는, 긴 에지가 1.1 μ m이고 짧은 에지는 0.4 μ m인 직사각형이다.

OPC 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에서, 시뮬레이션 결과를 도시하는 도11a 내지 도11f에 도시된 바와 같이, 얻어진 포토레지스트 패턴의 세로 길이는 거의 감소되지 않는다. 또한, 심지어 디포커스 ΔF 가 0.2에서 1.0 μ m으로 변하더라도, 얻어진 포토레지스트 패턴의 세로 길이는 감소되지 않았다. 따라서, ΔF 가 0.2 내지 1.0 μ m이라는 조건하에 얻어진 포토레지스트 패턴의 형태는 $\Delta F = 0$ 이라는 최상의 조건에서 얻어진 패턴 형태와 거의 동일하다.

본 발명에 따른 OPC 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 설계 방법이 도12a, 도12b 및 도12c를 참조로 다음에 서술될 것이다.

먼저, 도12a를 참조하면, 타겟(target) 포토레지스트 패턴을 한정하는 광 스크린 층(3a)을 갖는 포토마스크가 고려된다. 본 예에서, 광 스크린 층(3a)은 직사각형이다.

다음에, 도12b를 참조하면, 광 스크린 층(3a)의 에지들의 중간점 A, B, C, D가 설정된다. 다음에, 중간점 A, B, C, D에 대응하는 타겟에서 얻어진 패턴의 점들에 대한 광 강도가 산출된다. 다음에, 최소의 광 강도를 갖는 적어도 하나의 중간점이 선정된다. 예를 들면, 광 강도는 점 B와 점 D에 대해 0.3인 것과 같이 최소이다.

다음에, 도12c를 참조하면, 타겟에서 도12a의 포토마스크에 의해 2차원 광 강도 분포가 산출되고, 타겟상의 포토레지스트 패턴(5a)은 2차원 광 강도 분포를 상술된 최소값으로 슬라이스 함으로써 산출된다.

마지막으로, 도12d를 참조하면, 도12a의 광 스크린 층(3a)이 도12c의 얻어진 포토레지스트 패턴과 비교된다. 결국, 만일 광 스크린 층(3a)의 길이 L1과 도12c의 포토레지스트 패턴(5a)의 길이 L2 간의 차이가 한계값보다 크면, 광 스크린 층(3a)의 일부가 길이 L을 갖는 하프톤층 패턴(2a)으로 교체된다. 상술한 한계값은 목표도 하는 정밀도에 의존한다는 것에 유의한다. 예를 들면, 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM)의 정밀도는 $\pm 10\%$ 이고, 이 경우 상술한 한계값은 $\pm 10\% \times 1/4 \times L1$ 이다. 하프톤층 패턴(2a)의 길이 L은 도13에 도시된 바와 같은 그래프에 따라 산출된다.

도13에서, 곡선은 투과율이 예를 들면 8%인 하프톤층(2)의 투과율에 의존한다. 만일 하프톤층(2)의 투과율이 증가하면, 보다 큰 차이 $(L1-L2)/2$ 가 보상될 수 있다.

도10a 및 도10b의 포토마스크의 초점 특성을 도시하는 도14에서, 만일 디포커스 ΔF 가 변하더라도, 포토레지스트 패턴의 길이 $L1$ 은 거의 유한하다.

도10a 및 도10b의 OPC 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 제조 단계가 도15a 및 내지 도15h를 참조로 설명된다.

먼저, 도15a를 참조하면, CrON으로 제조된 두꺼운 하프톤층(2)이 석영(SiO_2)에 의해 제조된 투명 기판(1) 위에 형성된다. 이 경우, 하프톤층(2)의 투과율은 약 8%이다. 또한, 만일 $\lambda=365nm$ (i-라인)이고, $n_2=2.3$ 이면, 하프톤층(2)의 두께 t 는 수학적(3)에 의해 산출된다 :

$$t = 365/2/(2.3-1) \\ = 140nm$$

이때, RuO에 의해 제조된 약 50nm 두께의 광 스크린 층(3)이 하프톤층(2)위에 형성된다. 이 경우, 광 스크린 층(3)의 투과율은 0.02%이다.

다음에, 도15b를 참조하면, 포토레지스트 층(4)이 광 스크린 층(3)위에 피복된다. 다음, 포토레지스트 층(4)이 전자 묘사 공정에 의해 패턴화되어 도15c에 도시된 바와 같은 포토레지스트 패턴(4a)을 얻는다.

다음에, 도15d를 참조하면, 광 스크린 층(3)이 포토레지스트 패턴(4a)을 마스크로 사용한 산소 가스의 건식 에칭 공정에 의해 에칭된다. 다음, 하프톤층(2)이 포토레지스트 패턴(4a)을 마스크로 사용한 염소 가스의 건식 에칭 공정에 의해 에칭된다. 다음, 포토레지스트 패턴(4a)이 제거된다.

다음에, 도15e를 참조하면, 포토레지스트 층(5)이 전 표면 위에 피복된다. 다음에, 포토레지스트 층(5)이 전자 묘사 공정에 의해 패턴화되어 도15f에 도시된 바와 같은 포토레지스트 패턴(5a)을 얻는다.

다음에, 도15g를 참조하면, 광 스크린 층(3)이 포토레지스트 패턴(5a)을 마스크로 사용한 산소 가스의 건식 에칭 공정에 의해 에칭 된다. 마지막으로, 도15h를 참조하면, 포토레지스트 패턴(5a)이 제거되어, 도10a 및 도10b의 포토마스크를 완성한다.

도15a 내지 도15h에 도시된 바와 같은 제조 단계에 따르면, 비록 두 가지 전자 묘사 및 에칭 공정이 요구되지만, 많은 전자 묘사 데이터 량이 요구되어 복잡한 도9b, 도9c 및 도9d에 도시된 것과 같은 종래 기술의 OPC 포토마스크와 비교하여 제조 시간이 단축될 수 있다.

정적 랜덤 액세스 메모리(SRAM)에 적용된 변형된 실시예를 도시하는 도16에서, 광 스크린 층(3)의 단부가 하프톤층(2)에 의해 교체되어, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 의해 얻어진 포토레지스트 패턴의 세로 길이의 축소를 보상한다. 이 경우, 만일 광 스크린 층(3)의 폭이 $0.35\mu m$ 미만이면, 광 스크린 층(3)의 단부는 하프톤층(2)으로 교체된다.

발명의 효과

상술된 바와 같이, 하프톤형 위상 시프트 포토마스크는 뛰어난 광학적 근사 교정 기능을 가질 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

(정정) 하프톤형 위상 시프트 포토마스크(A halftone type phase shift photomask)에 있어서, 투명 기판; 상기 투명 기판의 제1영역 위에 형성된 광 스크린 패턴; 및 상기 투명 기판의 제2영역 위에 형성된 하프톤 패턴 - 상기 제2영역은 상기 제1영역 다음에 위치함 -; 을 포함하며, 상기 하프톤 패턴을 통과하는 광과 상기 하프톤 패턴을 통과하지 않는 광간의 위상차가 180° 이고, 상기 제2영역 내의 상기 하프톤 패턴은 상기 포토마스크를 통해 광을 통과시킴으로써 생성된 포토레지스트 패턴에서 광학적 근사 효과를 보정하기 위한 길이이고, 상기 하프톤 패턴의 길이는, 디포커스가 적어도 $-10\mu m$ 내지 $+1.0\mu m$ 의 범위내에서 변할 때, 상기 포토레지스트 패턴의 2차원 크기가 포토마스크 패턴에 관하여 실질적으로 감소하도록 하는 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1영역은 직사각형이고, 상기 제2영역은 상기 제1영역의 세로 단부에 인접하는 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크

청구항 3

(정정) 제1항에 있어서, 상기 하프톤 패턴은 상기 투명 기판의 상기 제1영역과 상기 광 스크린 패턴간에 형성되는 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크.

청구항 4

(정정) 제1항에 있어서, 상기 하프톤 패턴의 두께는 $(\lambda/2)/(n-1)$ (상기 식 중에서, λ 는 광의 파장이고, n 은 상기 하프톤 패턴의 굴절률임)인 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크.

청구항 5

(정정) 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 제조 방법에 있어서, 투명 기판의 임시 광 스크린 층 영역을 세팅하는 단계; 상기 임시 광 스크린 층 영역의 에지들의 중간점(A, B, C, D)을 세팅하는 단계; 상기 임

시 광 스크린 층 영역을 사용하여 얻어진, 상기 중간점에 대응하는 이미지 패턴의 점들에서의 광 강도를 산출하는 단계; 광 강도가 최소인 상기 이미지 패턴의 상기 점들 중 적어도 하나를 선택하는 단계; 상기 임시 광 스크린 층 영역에 기초하여 2차원 광 강도 분포를 산출하는 단계; 광 스크린 층 영역을 형성하기 위해 최소의 광 강도로 상기 2차원 광 강도 분포를 슬라이스 하는 단계; 상기 광 스크린 층 영역을 상기 임시 광 스크린 층 영역과 비교하는 단계; 상기 광 스크린 층 영역과 상기 임시 스크린 층 영역간의 차이에 따라 상기 임시 광 스크린 층 영역의 일부를 하프톤층 영역으로 교체하는 단계; 상기 광 스크린 층 영역에 광 스크린 층을 형성하는 단계; 및 상기 하프톤층 영역에 하프톤층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 제조방법.

청구항 6

(정정) 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 제조 방법에 있어서, 투명 기판의 임시 직사각형 광 스크린 층 영역을 세팅하는 단계; 상기 임시 직사각형 광 스크린 층 영역의 에지들의 중간점을 세팅하는 단계; 상기 임시 직사각형 광 스크린 층 영역을 사용하여 얻어진, 상기 중간점에 대응하는 이미지 패턴의 점들에서의 광 강도를 산출하는 단계; 광 강도가 최소인 상기 이미지 패턴의 상기 점들 중 적어도 하나를 선택하는 단계; 상기 임시 직사각형 광 스크린 층 영역에 의해 2차원 광 강도 분포를 산출하는 단계; 광 스크린 층 영역을 형성하기 위해 최소 광 강도로 상기 2차원 광 강도 분포를 슬라이스 하는 단계; 상기 광 스크린 층 영역의 세로 길이를 상기 임시 직사각형 광 스크린 층 영역의 세로 길이와 비교하는 단계; 상기 광 스크린 층 영역과 상기 임시 직사각형 스크린 층 영역간의 세로 길이의 차이에 따라 상기 임시 직사각형 광 스크린 층 영역의 단부를 하프톤층 영역으로 교체하는 단계; 상기 광 스크린 층 영역에 광 스크린 층을 형성하는 단계; 및 상기 하프톤층 영역에 하프톤층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크의 제조 방법.

청구항 7

(신설) 제1항에 있어서, 상기 하프톤 패턴의 길이가 상기 포토레지스트 패턴의 길이에 비례하여 상기 광 스크린 패턴의 길이를 나타내는 값에 대응하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 8

(신설) 제1항에 있어서, 상기 하프톤 패턴의 길이는, 상기 포토레지스트 패턴의 길이가 상기 범위에 걸쳐 최대 0.5 μm 감소하도록 하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 9

(신설) 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 있어서, 투명 기판; 상기 투명 기판의 제1직사각 영역 위에 형성된 광 스크린 패턴; 및 상기 투명 기판의 제2 직사각 영역 위에 형성된 하프톤 패턴-상기 제2직사 각 영역은 단지 상기 제1직사각 영역의 짧은 에지 외부에 연속되어 위치함-을 포함하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 10

(신설) 제9항에 있어서, 상기 제2 직사각 영역의 너비는 상기 제1직사각 영역의 짧은 에지를 초과하지 않는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

청구항 11

(신설) 제10항에 있어서, 상기 투명 기판의 제3직사각 영역 위에 형성된 제2하프톤 패턴-상기 제3직사각 영역은 단지 상기 제1직사각 영역의 제2짧은 에지 외부에 연속적으로 위치하고, 제1직사각 영역의 제2 짧은 에지를 초과하지 않는 너비를 가짐-을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 포토마스크.

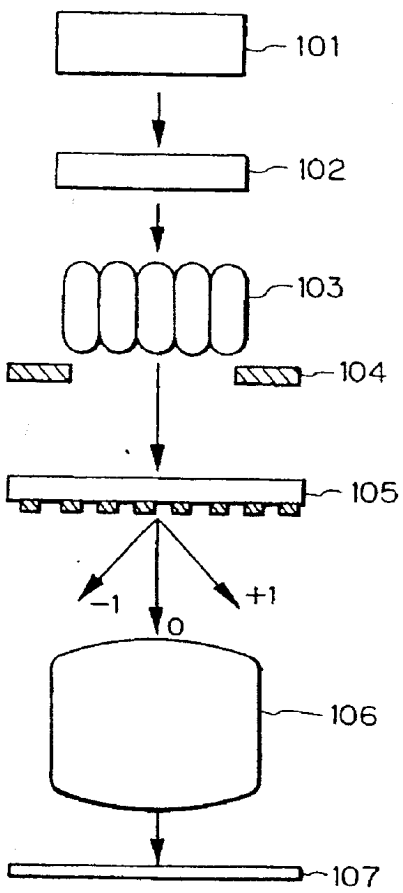
청구항 12

(신설) 하프톤형 위상 시프트 포토마스크에 있어서, 투명 기판; 제1투명 기판의 제1영역 위에 형성된 광 스크린 층; 및 상기 투명 기판의 제2영역 위에 형성된 하프톤 패턴-상기 제2영역은 상기 제1영역 다음에 위치함-을 포함하고, 상기 하프톤 패턴을 통과하는 광과 상기 하프톤 패턴을 통과하지 않는 광간의 위상차는 180° 이고, 상기 하프톤 패턴은 상기 광 스크린의 다른 에지를 중첩하지 않도록 상기 광 스크린 층의 하나의 에지로부터 연장되어, 상기 포토마스크를 통과하는 광에 의해 생성된 2차원 크기의 포토레지스트 패턴이, 선정된 길이 이상의 상기 하프톤 패턴의 길이의 변화에 따라 실질상 변화하지 않는 것을 특징으로 하는 하프톤형 위상 시프트 포토마스크.

도면

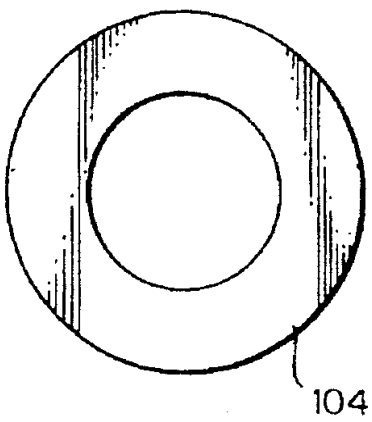
도면 1a

(종래 기술)



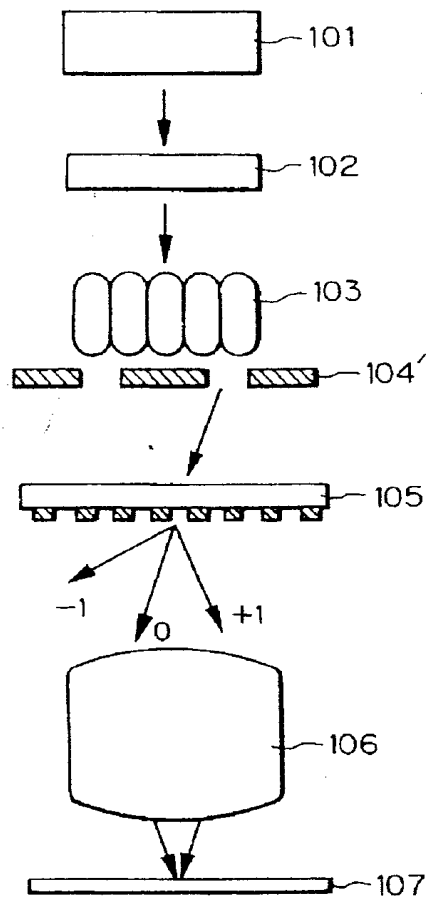
도면 1b

(종래 기술)



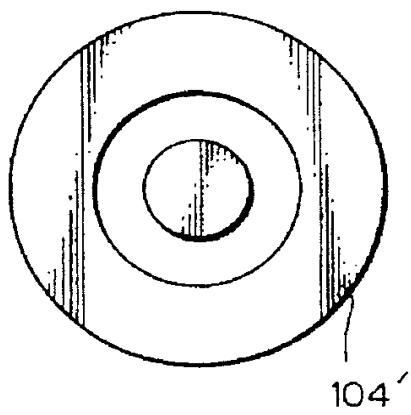
도면2a

(종래 기술)



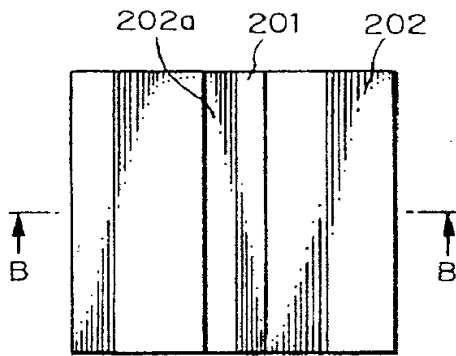
도면2b

(종래 기술)



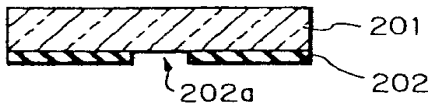
도면3a

(종래 기술)



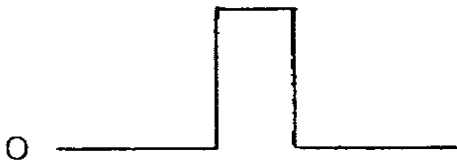
도면3b

(종래 기술)



도면3c

(종래 기술)



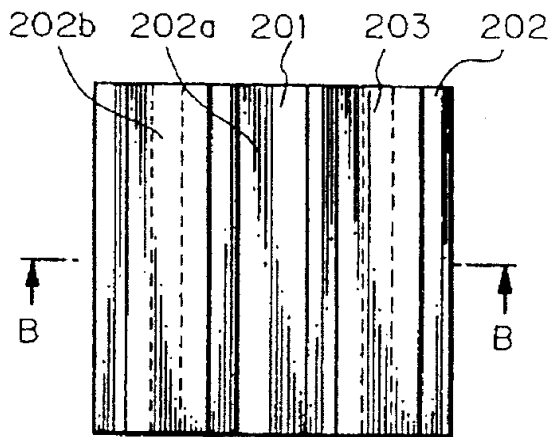
도면3d

(종래 기술)



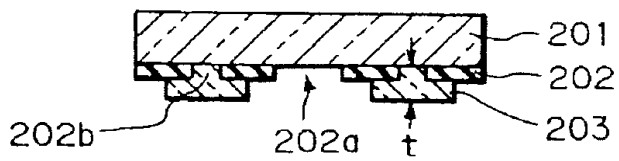
도면4a

(종래 기술)



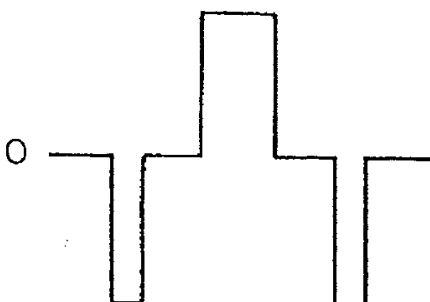
도면4b

(종래 기술)



도면4c

(종래 기술)



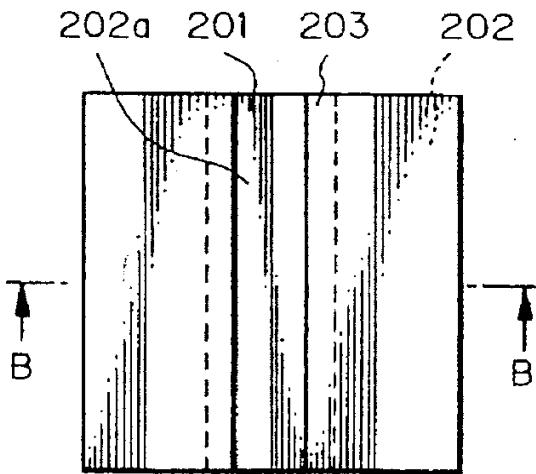
도면4d

(종래 기술)



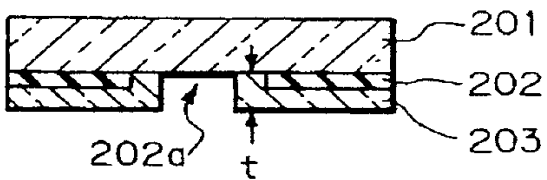
도면5a

(종래 기술)



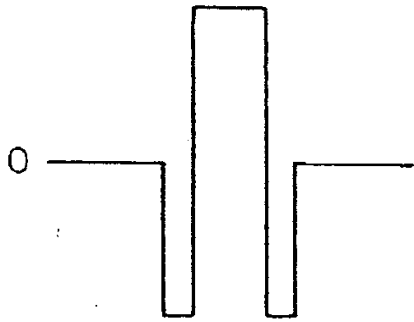
도면5b

(종래 기술)



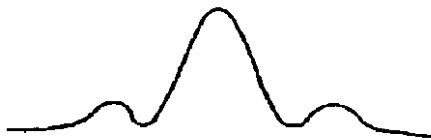
도면5c

(종래 기술)



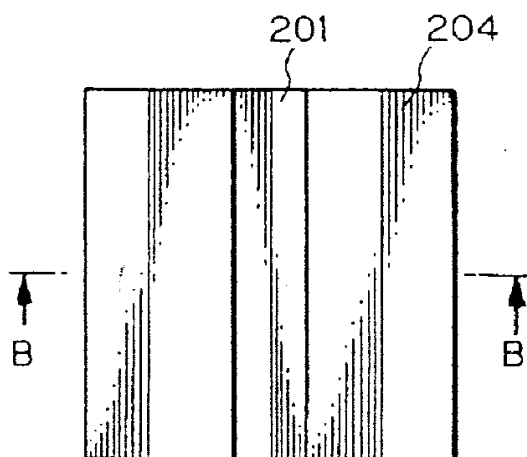
도면5d

(종래 기술)



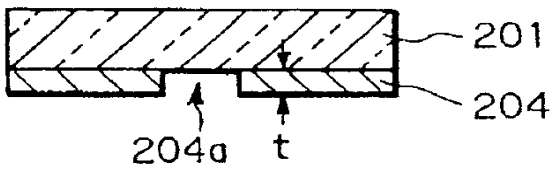
도면6a

(종래 기술)



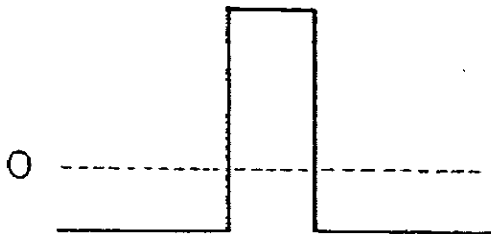
도면6b

(종래 기술)



도면6c

(종래 기술)



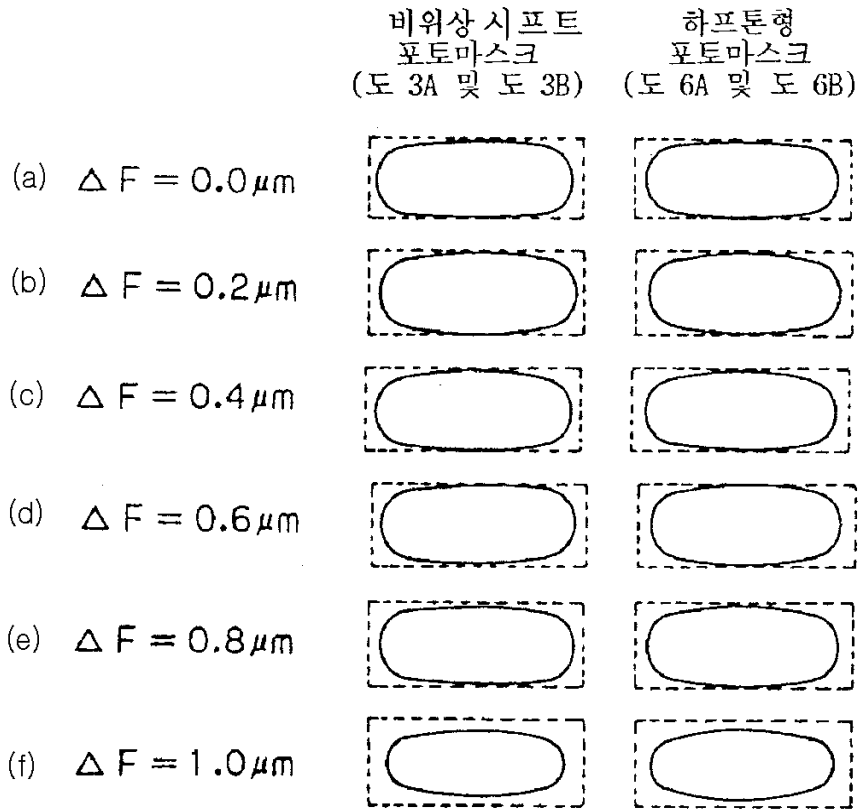
도면6d

(종래 기술)



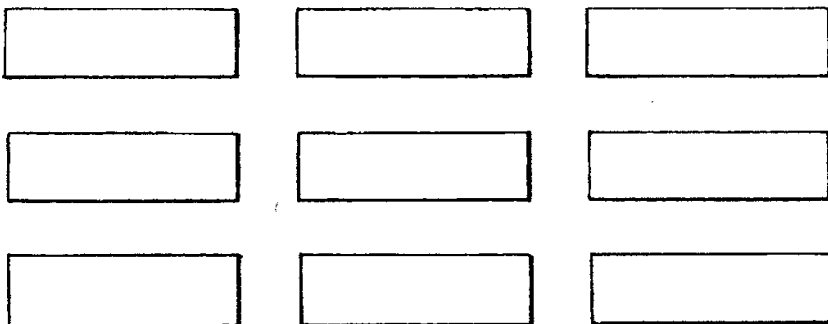
도면7

(종래 기술)



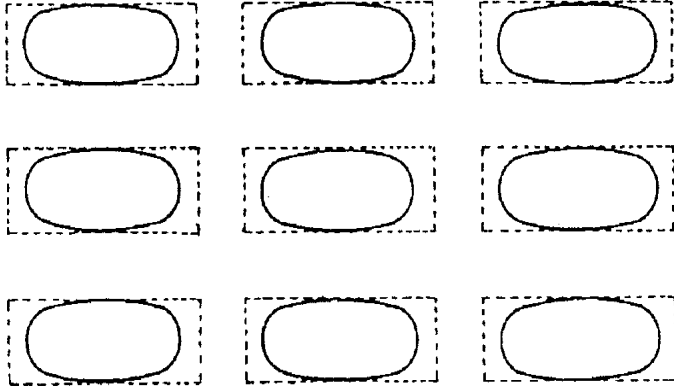
도면8a

(종래 기술)



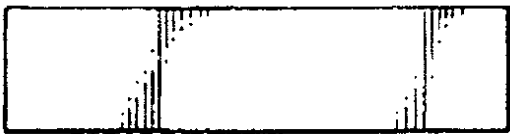
도면8b

(종래 기술)



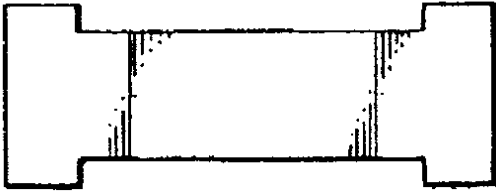
도면9a

(종래 기술)



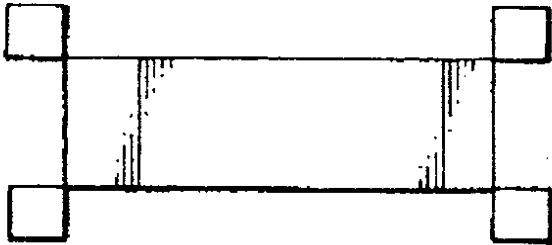
도면9b

(종래 기술)



도면9c

(종래 기술)

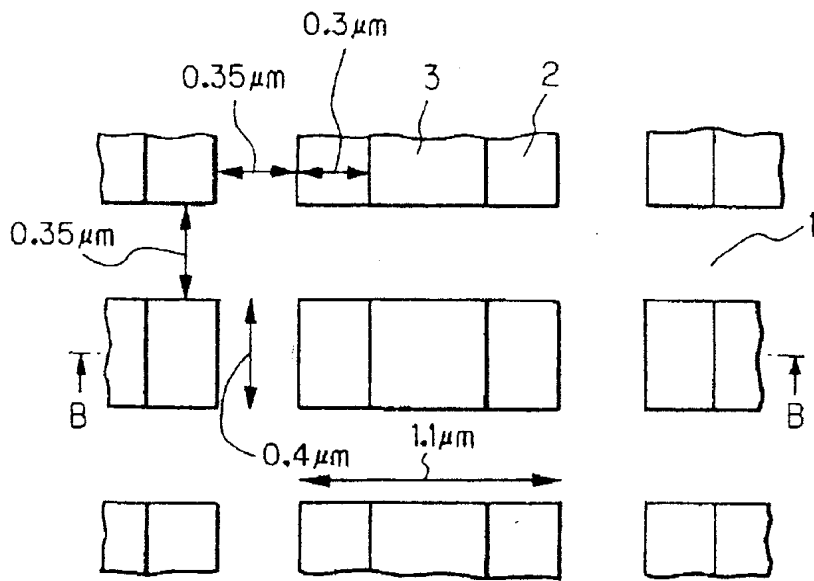


도면9d

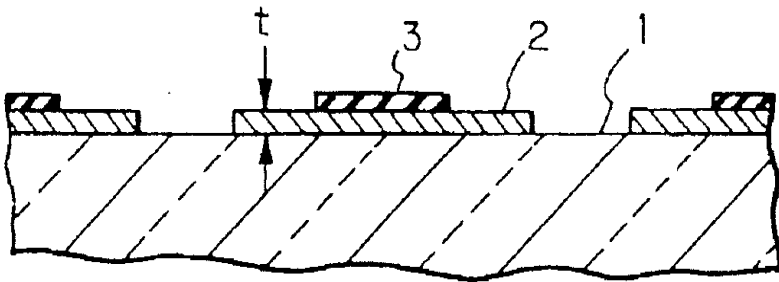
(종래 기술)



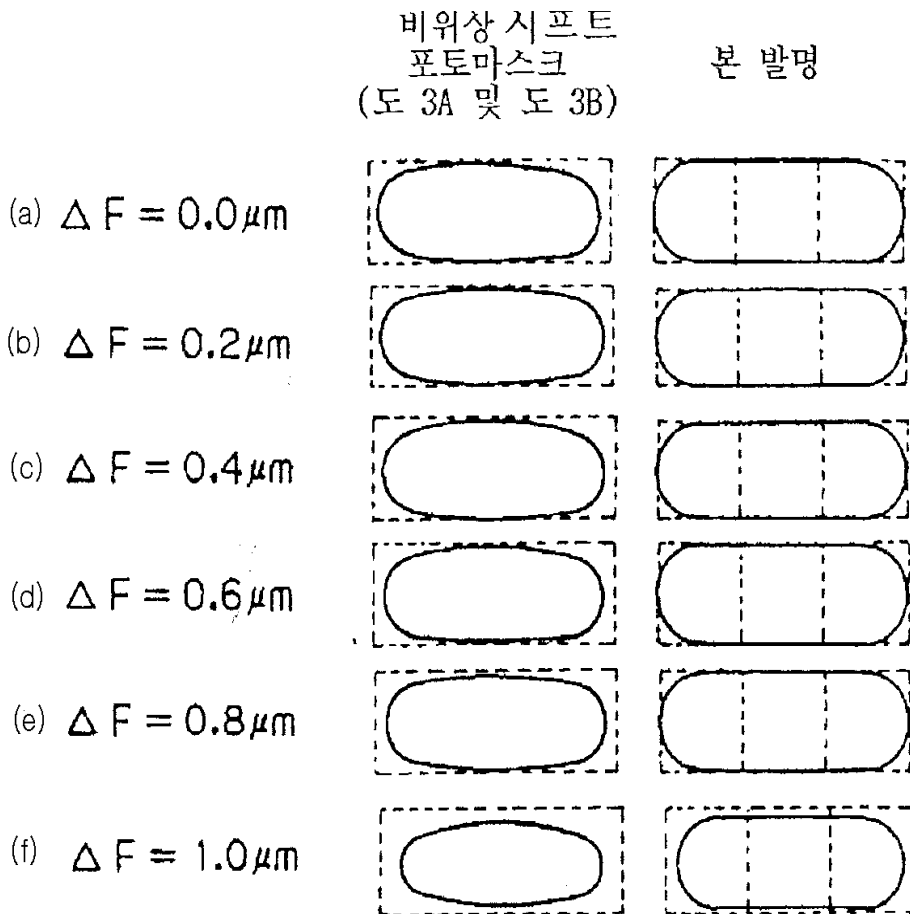
도면 10a



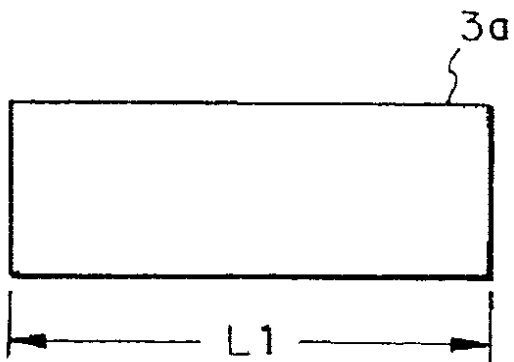
도면 10b



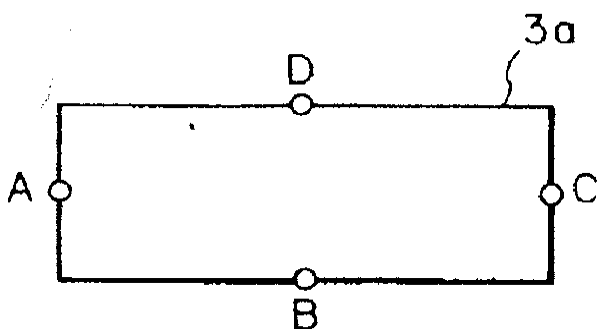
도면11



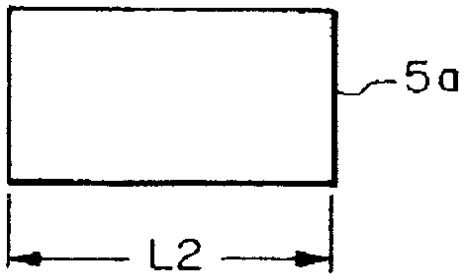
도면12a



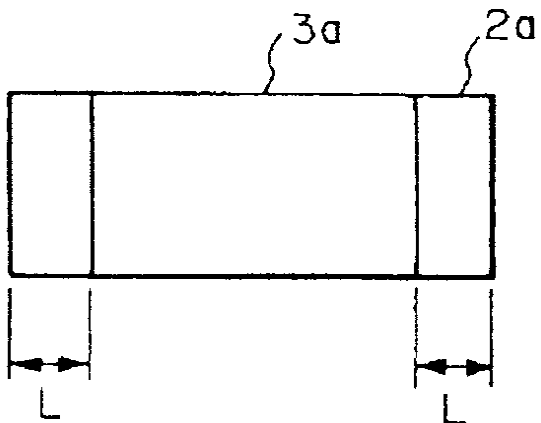
도면12b



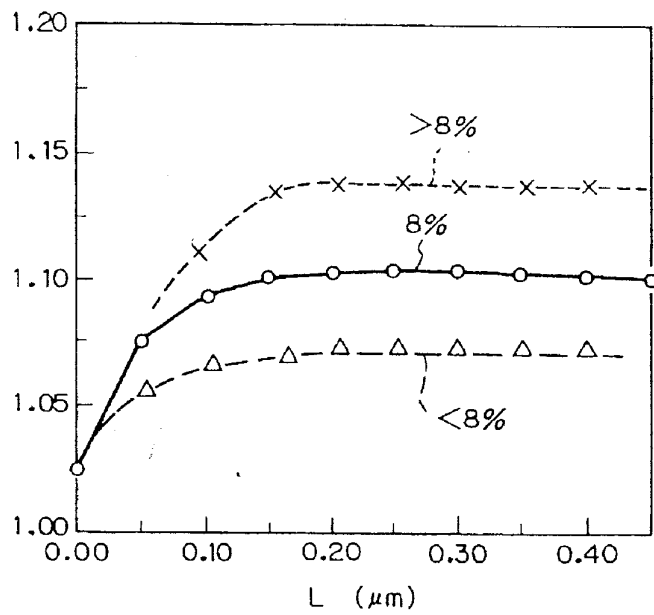
도면 12c



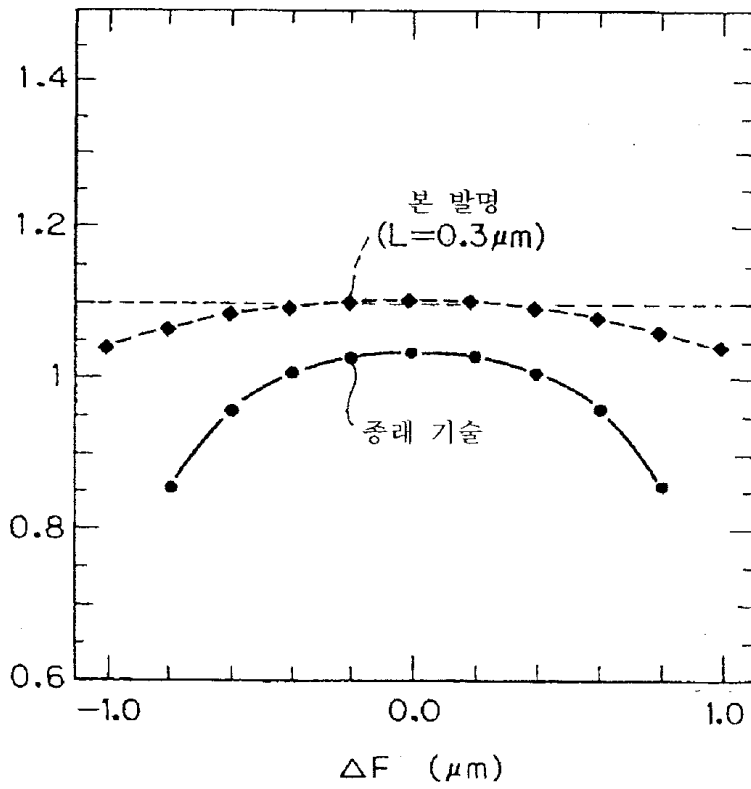
도면 12d



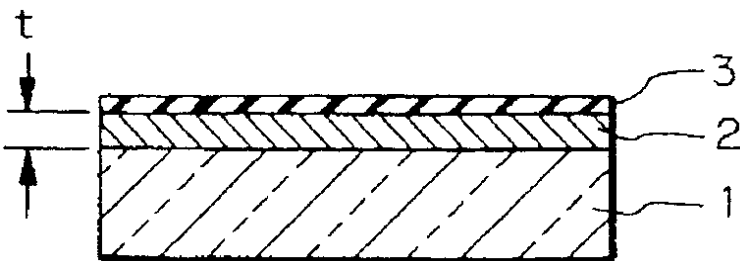
도면 13

$$(L1-L2)/2$$


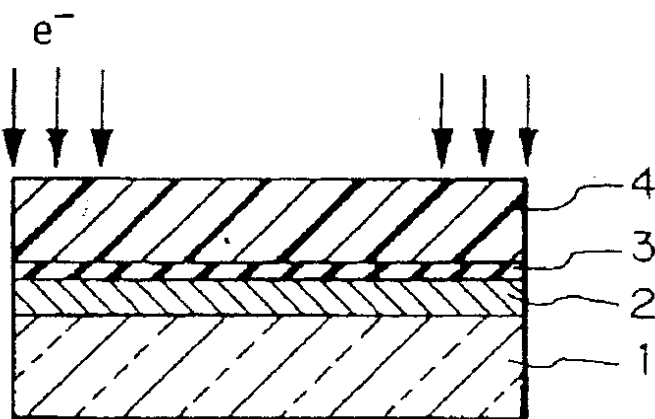
도면14

L 1 (μm)

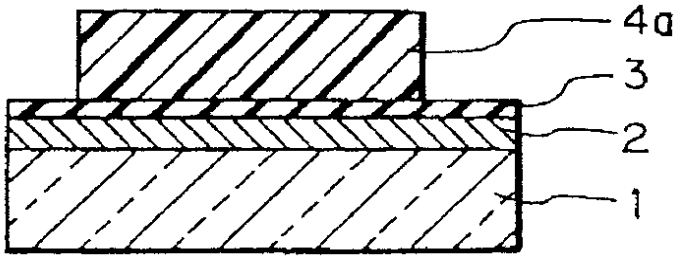
도면15a



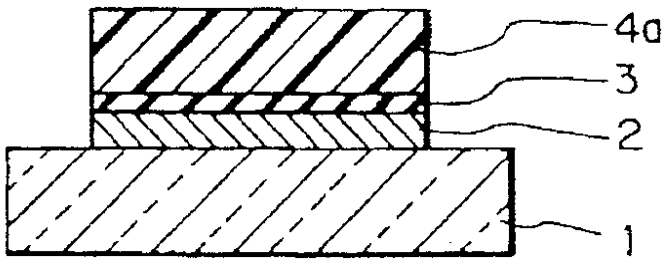
도면15b



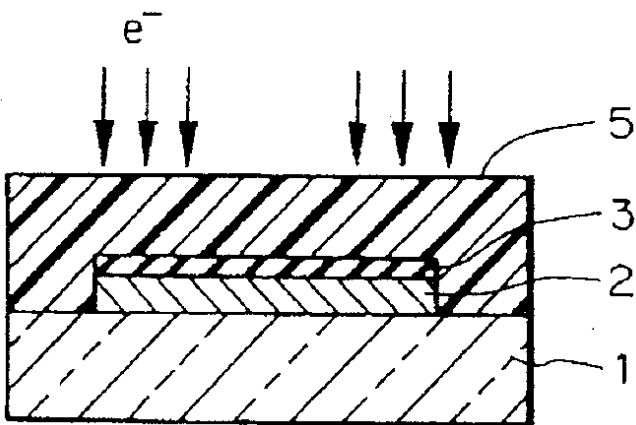
도면 15c



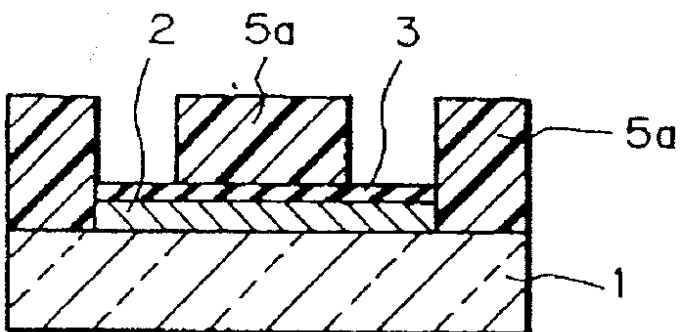
도면 15d



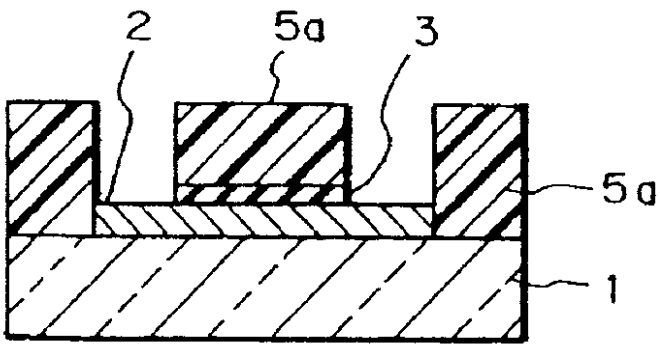
도면 15e



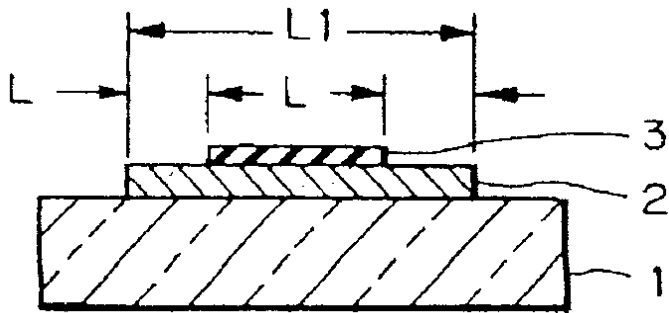
도면 15f



도면 15g



도면 15h



도면 16

