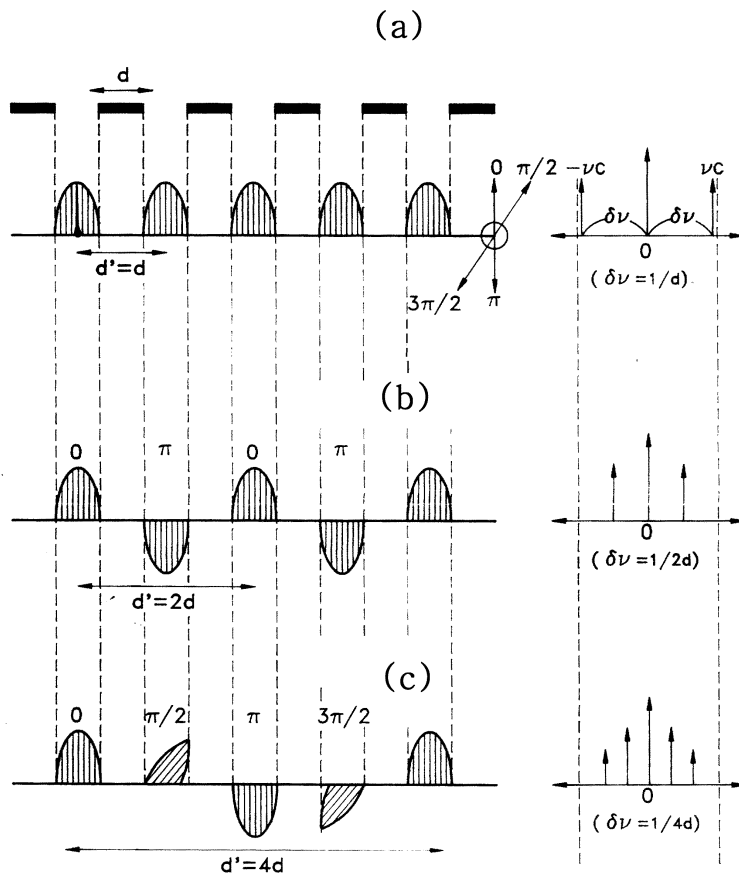


대표도



명세서

[발명의 명칭]

투영 노광 방법, 이에 사용되는 마스크

[도면의 간단한 설명]

제1a도 내지 제1c도는 종래의 투과마스크와 위상반전마스크를 이용할 때 패턴형성이 가능한 최소피치를 설명하기 위하여 도시한 도면들이다.

제2a도 내지 제2c도는 본 발명에 의하여 경사진 마스크 기판을 갖는 해상도 개선 마스크를 이용한 투영노광방법을 설명하기 위하여 도시한 도면들이다.

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 리소그래피(Lithography) 기술에 관한 것으로, 특히 마스크의 인접한 패턴간에 위상차를 둬서 해상도를 높이는 투영 노광방법, 이에 사용되는 마스크에 관한 것이다.

일반적으로 반도체 장치의 각종 패턴은 포토 리소그래피 기술에 의하여 형성된다는 것은 널리 알려져 있다. 상기 포토 리소그래피 기술에 의하면, 반도체 웨이퍼상의 절연막이나 도전막 등, 패턴을 형성하여야 할 막 위에 X선이나 자외선 등과 같은 광선의 조사에 의해 용해도가 변화하는 감광막을 형성하고, 이 감광막의 소정 부위를 노광시킨 후, 현상액에 대하여 용해도가 큰 부분을 제거하여 감광막 패턴을 형성하고, 상기 패턴을 형성하여야 할 막의 노출된 부분을 에칭에 의해 제거하여 배선이나 전극 등 각종 패턴을 형성한다.

그리고 상술한 노광에 사용되는 노광 장치는 상기 패턴 형성에 중요한 장치로서, 노광 방식에 따라 밀착(Contact) 노광 방식, 근사(Proximity) 노광 방식, 반사식 투영 노광 방식, 축소 투영 노광 방식 등이 있다. 상기 노광 장치 가운데 축소 투영 노광 방식은 미국의 GCA사, 일본의 NIKON사 및 일본의 CANNON사로 부터 발매되고 있는 스텝퍼(Stepper)가 주종을 이루고 있으며, 최근에 가장 높은 해상도의 패턴 형성이 가능하여 널리 사용되고 있다.

한편, 반도체 집적회로의 고집적화가 거듭됨에 따라 요구되는 최소 가공 크기는 미세화되고 있으며, 이의 실현을 위하여 노광장비의 광원은 i라인 파장($0.365\mu\text{m}$)에서 Deep UV($0.248\mu\text{m}$)로 단파장화 되고 있다. 일례로 256Mega DRAM의 경우 요구되는 최소 가공크기는 약 $0.25\mu\text{m}$ 정도이며, 이는 KrF 엑시머 레이저를 광원으로 사용하는 스텝퍼 장비의 노광 파장과 거의 같은 수준이다. 이 경우 마스크에 의한 입사광의 회절 및 간섭현상으로 인하여 웨이퍼상의 포토레지스트 패턴은 심하게 변형되며 특히 노광 광원의 파장과 비슷한 크기의 미세 패턴은 더욱더 심한 변형을 일으킨다.

이러한 문제를 해결하고자 마스크의 패턴을 이용하여 해상도를 높이는 위상 반전 방법(Phase Shift Method)이 제안되었다. 상기 위상 반전 방법은 위상 시프터를 포함하는 마스크(이하, 위상 반전 마스크라 한다)를 사용하여 패턴을 노광시키는 방법이다. 상기 위상 반전 마스크는 광의 간섭 또는 부분 간섭을 이용하여 원하는 크기의 패턴을 노광함으로써, 해상도나 초점심도를 증가시킨다.

즉, 빛이 마스크 기판을 통과할 때 또는 시프터막을 통과할 때, 그 파장은 진공중의 파장을 굴절율로 나눈 값으로 짧아진다. 따라서, 같은 위상의 빛이 시프터의 유무에 따라서, 차이가 생기게 되며, 이때 광 경로차이를 θ 라 하면, $\theta = 2\pi t(n-1)/\lambda$ (식 중, n 은 시프터의 굴절율이고, t 는 시프터의 두께이고, λ 는 사용되는 파장이다)이고, θ 가 π 인 경우에 시프터를 통과한 광선은 역 위상을 갖게 된다. 따라서, 광 투과부를 통과한 빛과 시프터를 통과한 빛은 서로 역 위상이기 때문에, 시프터를 마스크 패턴의 가장자리에 위치시키면, 패턴의 경계 부분에서는 빛의 강도가 제로가 되어 콘트라스트가 증가한다.

제1a도 내지 제1c도는 종래의 투과마스크와 위상반전마스크를 이용할 때 패턴 형성이 가능한 최소피치를 설명하기 위하여 도시한 도면들이다. 구체적으로, 제1a도는 종래의 투과마스크를 이용할 때 진폭 및 공간 주파수 분포를 도시한 도면이고, 제1b도 및 제1c도는 각각 종래의 레벤슨형(Levenson type) 위상반전마스크와 그레이톤형(Gray tone) 위상반전마스크를 이용하여 패턴을 형성할 때 진폭 및 공간주파수 분포를 도시한 도면이다. 일반적으로, 라인-스페이스형 패턴의 경우 패턴 형성이 가능한 최소의 피치는 다음과 같이 주어진다.

$$\text{피치} = 1/v_c, \quad v_c = NA / \lambda \quad \text{-----}(1)$$

여기서, NA 는 렌즈의 개구수이며, λ 는 광원의 파장이고, v_c 는 임계 주파수이다. 상기 (1)식은 통상의 상기 제1a도에 도시한 투과 마스크의 경우에 해당하는 것이며, 위상반전마스크의 경우 인접한 패턴간의 위상차를 180도 만큼 뒀으로써 0차광과 1차광 사이의 공간주파수 차이(δv)를 줄여 패턴 형성이 가능한 피치를 줄일 수 있다. 이것은 제1a도 및 제1b도에 나타난 바와 같이 피치 d 인 마스크를 사용하여 광을 투영시킬 때 통상의 투과 마스크는 진폭의 주기(d')가 d 인 반면에 위상반전마스크는 $2d$ 로 나타나기 때문이다. 다시 말하면, 공간 주파수상에서 0차광 1차광 사이의 주파수차(δv)는 $1/d'$ (d' 은 진폭의 주기)로 주어지므로, 투과 마스크의 d' 은 d 가 되며, 위상반전마스크의 d' 은 $2d$ 가 된다. 따라서, $-v_c \sim v_c$ 의 한도내에서 구현할 수 있는 최소피치는 위상반전마스크의 경우는 투과마스크의 경우와 비교하여 1/2까지 줄일 수 있다.

더우기 제1c도에 나타난 바와 같이 인접한 패턴 사이의 위상차를 90도로 하면 진폭의 주기(d')는 $4d$ 가 되며 주파수차(δv)는 더욱 작아져 투과 마스크의 1/4이 된다. 이렇게 되면, 패턴 실현 가능한 최소피치 역시 투과 마스크의 1/4이 된다.

그러나, 상기 그레이톤형 위상반전마스크는 제조가 극히 어렵고 복잡하기 때문에 결함 조절이 불가능하여 실제로 사용할 수 없는 문제점이 있다.

따라서, 본 발명의 목적은 상술한 해상도를 높이기 위하여, 인접한 마스크 패턴들간에 위상차를 두어 해상도를 높인 신규한 해상도 개선 마스크를 사용한 투영 노광 방법을 제공하는 것이다.

또한 본 발명의 다른 목적은 상기 투영 노광 방법에 사용되는 해상도 개선 마스크를 제공하는 것이다.

상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 마스크를 이용한 노광 대상물의 투영 노광 방법에 있어서, 상기 마스크를 통과하는 광의 경로와 수직한 방향에 대하여 상면이 전체적으로 경사진 투명한 마스크 기판과 상기 마스크 기판의 하면에 규칙적으로 형성되어 있는 차광막 패턴을 이용하여 노광함으로써, 상기 경사진 마스크 기판으로 인하여 인접한 차광막 패턴들 사이에 위상차를 갖게 하는 것을 특징으로 하는 투영 노광 방법을 제공한다.

상기 위상차는 $n \tan \theta$ (n 은 마스크 기판의 굴절율, d 는 마스크의 피치, θ 는 마스크 기판 상면의 경사진 각도)이다.

상기 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위해 본 발명은, 상면이 광경로와 수직한 방향에 대하여 전체적으로 경사진 투명한 마스크 기판; 및 상기 마스크 기판의 하면에 규칙적으로 형성되어 있는 차광막 패턴을 구비하여, 상기 경사진 마스크 기판으로 인하여 인접한 차광막 패턴들 사이에 위상차가 발생하게 하는 것을 특징으로 하는 마스크를 제공한다.

상기 위상차는 $n \tan \theta$ (n 은 마스크 기판의 굴절율, d 는 마스크의 피치, θ 는 마스크 기판 상면의 경사진 각도)이다.

본 발명의 다른 예에 의하면, 본 발명은 제1면이 광경로와 수직한 방향에 대하여 전체적으로 경사진 투명한 마스크 기판; 및 상기 제1면과 반대의 상기 마스크 기판의 제2면에 규칙적으로 형성되어 있는 차광막 패턴을 구비하는 것을 특징으로 하는 마스크를 제공한다.

본 발명에 의하면, 주어진 광원의 파장 및 개구수에서 마스크의 피치(d)에 대한 주파수차(δv)를 작게 하여 패턴 형성 가능한 최소피치를 광원의 단파장화 또는 렌즈의 개구수를 크게 하지 않고 줄일 수 있다.

이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명을 상세히 설명한다.

제2a도 내지 제2c도는 본 발명에 의하여 경사진 마스크 기판을 갖는 해상도 개선 마스크를 이용한 투영 노광 방법을 설명하기 위하여 도시한 도면들이다. 구체적으로, 제2a도는 본 발명의 해상도 개선 마스크를 나타내며, 제2b도 및 제2c도는 본 발명의 해상도 개선 마스크를 이용하여 패턴을 형성할 때 진폭 및 공간 주파수 분포를 도시한 도면이다.

제2a도 내지 제2c도를 참조하면, 마스크 기판(10)의 상면이 소정의 각도로 기울어져 있으며, 상기 마스크 기판(10)의 하면에는 광을 차단하는 차광성 마스크 패턴(12)이 형성되어 있다.

보다 구체적으로 설명하면, 본 발명의 마스크는 라인-스페이스 방향과 90도의 방향으로 마스크 기판(10)의 상면을 θ 만큼 경사지게 하면 인접한 두 패턴 사이의 위상차는 $n \tan \theta$ 가 된다. 여기서, n 은 유리의

굴절률이며 d 는 라인-스페이스의 피치를 나타낸다. 이렇게 두 패턴 사이에 위상차가 생기게 되면, 제2b도에 나타난 바와 같이 진폭의 주기, $d' = Ld$, $L = \lambda / n \tan \theta$ 가 된다. 따라서, 공간 주파수상에서 0차광과 1차광 사이의 주파수차(δv)는 $1/Ld$ 로 주어질 수 있다.

결과적으로, θ 를 조절함으로써 L 을 조정할 수 있고, 주어진 광원의 파장 및 NA에서 피치 d 에 대한 주파수차(δv)가 작아지므로 패턴 형성 가능한 최소피치가 투과마스크에서 $1/L$ 이 되므로 광원의 단파장화 또는 고 파장화 없이 패턴의 미세화를 이룰 수 있다.

본 발명에 의하면, 주어진 광원의 파장 및 개구수에서 마스크의 피치(d)에 대한 주파수차(δv)를 작게 하여 패턴 형성 가능한 최소피치를 광원의 단파장화 또는 렌즈의 개구수를 크게 하지 않고 줄일 수 있다.

이상, 본 발명을 구체적으로 설명하였지만, 본 발명은 이에 한정되는 것이 아니고, 당업자의 통상적인 지식의 범위에서 그 변형이나 개량이 가능하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1

마스크를 이용한 노광 대상물의 투영 노광 방법에 있어서, 상기 마스크를 통과하는 광의 경로와 수직한 방향에 대하여 상면이 전체적으로 경사진 투명한 마스크 기판과 상기 마스크 기판의 하면에 규칙적으로 형성되어 있는 차광막 패턴을 이용하여 노광함으로써, 상기 경사진 마스크 기판으로 인하여 인접한 차광막 패턴들 사이에 위상차를 갖게 하는 것을 특징으로 하는 투영 노광 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 위상차는 $n \tan \theta$ (n 은 마스크 기판의 굴절율, d 는 마스크의 피치, θ 는 마스크 기판 상면의 경사진 각도)인 것을 특징으로 하는 투영 노광 방법.

청구항 3

상면이 광경로와 수직한 방향에 대하여 전체적으로 경사진 투명한 마스크 기판; 및 상기 마스크 기판의 하면에 규칙적으로 형성되어 있는 차광막 패턴을 구비하여, 상기 경사진 마스크 기판으로 인하여 인접한 차광막 패턴들 사이에 위상차가 발생하게 하는 것을 특징으로 하는 마스크.

청구항 4

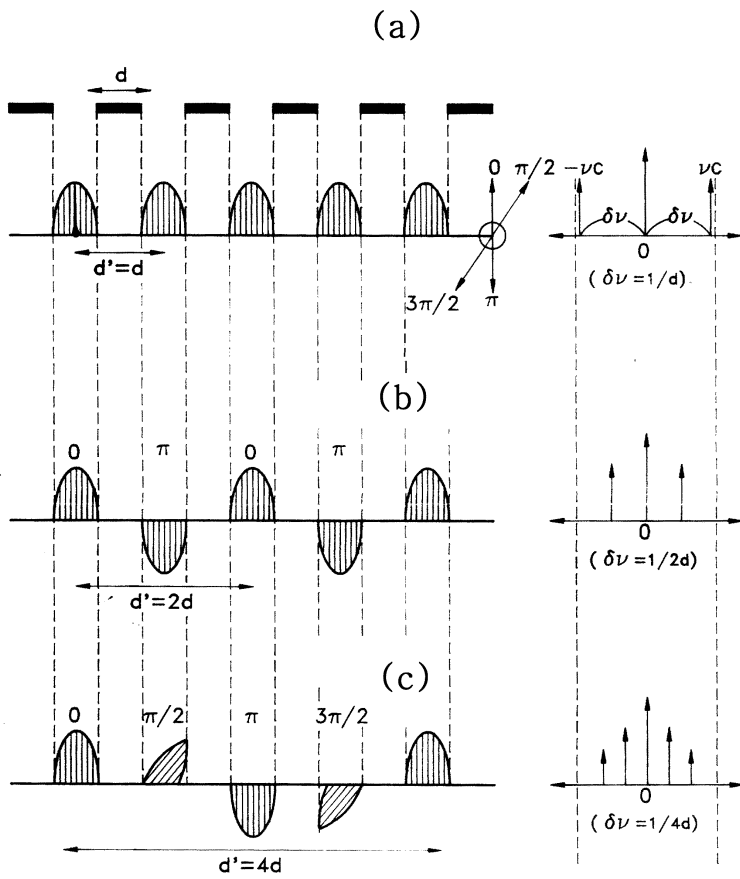
제3항에 있어서, 상기 위상차는 $n \tan \theta$ (n 은 마스크 기판의 굴절율, d 는 마스크의 피치, θ 는 마스크 기판 상면의 경사진 각도)인 것을 특징으로 하는 마스크.

청구항 5

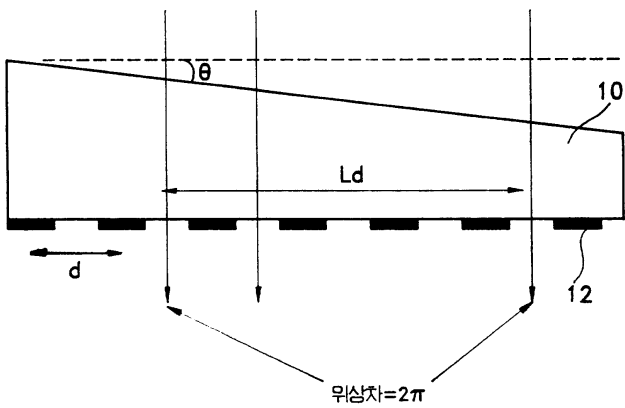
제1면이 광경로와 수직한 방향에 대하여 전체적으로 경사진 투명한 마스크 기판; 및 상기 제1면과 반대의 상기 마스크 기판의 제2면에 규칙적으로 형성되어 있는 차광막 패턴을 구비하는 것을 특징으로 하는 마스크.

도면

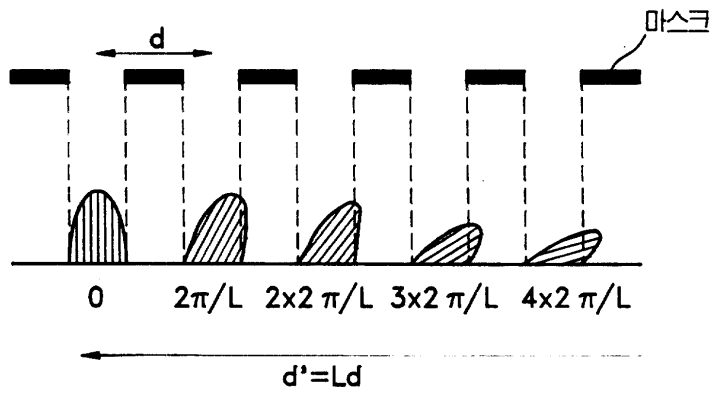
도면1



도면2a



도면2b



도면2c

