(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
H01L 21/027

(45) 공고일자 2001년11월30일
(11) 등록번호 10-0306953
(24) 등록일자 2001년08월16일

(21) 출원번호 10-1994-0017064
(22) 출원일자 1994년07월15일

(65) 공개번호 특1995-0004373
(43) 공개일자 1995년02월17일

(30) 우선권주장 1993-175165 1993년07월15일 일본(JP)

(73) 특허권자 가부시키가이샤 니콘
시마무라 기로
일본 도꾜도 지요다꾸 마루노우찌 3쵸메 2방 3고

(72) 발명자 시라이시나오마사
일본국가나가와껭가와사끼시다까쯔구신사꾸5쵸메11-6-에프204

(74) 대리인 남상선

심사관 : 이두한

(54) 투영노광장치및방법

요약

본 발명은, 조명 광으로 패턴의 마스크를 조사하기 위한 조명시스템과, 그레티클의 패턴으로부터 나오는 빛을 받아들이고 감광성 기판상에 패턴상을 투영하기 위한 투영 광학 시스템(PL)을 가지는 투영 노광 장치에 관한 것이다. 이 투영 노광 장치에는 마스크 및 감광성 기판 사이의 상형성 광학 경로에서 푸리에 변환 평면상에 또는 근처에 배치되는 위상 평판이 제공되며, 그리하여 푸리에 변환 평면도는 그 근처의 평면상에서의 투영 광학 시스템의 광축에 중심을 둔 반경 r_1의 원형영역을 관통하는 빛의 진폭 및 그 원형 영역의 외부에 놓여있는 외부 영역을 관통하는 빛이 진폭이 페이스 평면에 의하여 서로 부호가 다르게 된다. 이 투영 노광 장치에 투영 광학 시스템의 페이스 형성 평면 및 감광성 기판을 그 패턴의 상이 감광성 기판상에 투영될때 광축을 따라 서로 상대적으로 이동시키기 위한 이동부재가 추가고 제공된다. 추가로 원형영역의 반경 r_1 및 그 원형영역(FA)을 관통하는 빛의 진폭 대 그 외부영역(FB)을 관통하는 빛의 진폭의 비(t)가 다음 조건을 만족하도록 결정된다:

$$0.85\times(0.34 + 0.12t) \leq r_1/r_2 \leq 1.15\times(0.34 + 0.12t)$$

여기서, r_2는 투영 광학 시스템의 수치 구경(NA)에 대응하는 동공 평면의 반경이다.

대표도

도 1

명세서

[발명의 명칭]

투영 노광장치의 및 방법

[도면의 간단한 설명]

제1도는 본 발명의 일 실시예에 따른 투영 노광장치의 배치도;

제2도는 제1도에 도시된 투영 광학장치의 일부구성의 단면도;

제3도는 제2도에 도시된 복수의 위상형 동(pupil) 필터를 설치하고 있는 보유 부재장치의 일 실시예의 배치도;

제4도는 제1도에 도시된 위상형 동 필터 장치의 일 실시예의 배치도;

제5(A)도는 상대적으로 서로 근접한 두 접촉홀을 도시한 도;

제5(B)도는 상대적으로 서로 먼 두 접촉홀을 도시한 도;

제6(A) 및 6(B)도는 복수의 홀 패턴상에서 본 발명의 제1실시예의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제7(A) 및 7(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 본 발명의 제 2 실시예의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제8(A) 및 8(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 본 발명의 위상형 동 필터만을 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제9(A) 및 9(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 본 발명의 제 3 실시예의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제10(A) 및 10(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 본 발명의 제 4 실시예의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제11(A) 및 11(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 본 발명의 제 5 실시예의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제12(A) 및 12(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 본 발명의 제 6 실시예의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제13(A) 및 13(B)도는 복수 홀패턴 상에서 통상의 보통 노광방법의 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어지는 시뮬레이션의 결과를 각각 도시한 그래프;

제14(A) 및 14(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 통상의 보통 노광방법 및 FLEX 방법을 결합하여 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어진 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프;

제15(A)도는 복수의 홀패턴 상에서 통상의 이중 초점형 필터만을 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기 분포에 의해 나타내어진 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프;

제15(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 통상의 이중 초점형 필터 FLEX 방법을 결합하여 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어진 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프;

제16(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 통상의 이중 초점형 필터 및 FLEX 방법을 결합하여 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어진 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프;

제17(A)도는 복수의 홀패턴 상에서 통상의 이중 초점형 필터만을 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기 분포에 의해 나타내어진 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프;

제17(B)도는 복수의 홀패턴 상에서 통상의 이중 초점형 필터 및 FLEX 방법을 결합하여 사용함으로써 발생된 효과가 상 세기분포에 의해 나타내어진 시뮬레이션의 결과를 도시한 그래프;

도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : 수은 증기램프 2 : 타원형 거울

3 : 로터리 셔터 4 : 시준 렌즈

5 : 단파장 컷 필터 6 : 간섭 필터

7 : 플라이 아이렌즈 8 : 조리개

9,13 : 거울 10 : 콘덴서 렌즈 시스템

11 : 레티클 블라인드 14 : 콘덴서렌즈

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 반도체 집적회로 장치, 액정 디스플레이등에서 미세패턴을 형성하는데 사용되는 투영 노광장치 및 그 방법에 관한 것이다.

상술된 형태의 투영 노광장치에 사용되는 투영 광학장치는, 유리질재료, 초정밀 공정 및 정밀한 조립체 조정에 대해 신중히 선택하여 높은 수준으로 광학적 설계한 후 그 장치내에 포함된다. 본 발명의 반도체 제조공정은 레티클(마스크)이 조사광으로서 수은 증기 램프의 i라인(파장 : 365mm)으로 복사되는 스테퍼를 주로 사용하며, 빛은 투영 광학장치를 통하여 감광성 기판(예를 들면, 웨이퍼)상에 집속되고, 그에 의하여 기판상에 회로 패턴의 영상을 형성하게 된다. 최근, 조사 광원으로서 엑시머 레이저(파장 248mm의 KrF 레이저)를 설치하고 있는 엑시머 스테퍼가 사용되었다. 그러한 엑시머 스테퍼에 대하여 투영 광학장치가 굴절 렌즈를 포함할 경우에, 유용한 유리질 재료는 석영, 형석등으로 제한된다.

일반적으로 말하면, 투영 광학장치를 사용한 노광에 의하여 감광성 기판 상에 미세 레티클 패턴을 정확히 이동시키기 위하여, 투영 광학장치의 해상도 및 초점 심도(DOF)는 매우 중요한 요소이다. 실제 사용하고 있는 투영 광학장치중에, 약 0.6의 개구수를 가지며 i라인을 설치하고 있는 투영광학장치이다. 그러나 일반적으로 초점 심도(DOF)는 개구수(NA)가 증가할 때 감소한다. 초점심도는 $DOF = \pm \lambda / NA^2$ 에 의해 정의되며, λ는 조사광의 파장이다. 조사광의 파장이 감소할 때 해상도는 증가하고, 한편 파장이 감소할 때 초점심도는 감소한다는 것을 주목해야 한다.

한편, 해상도는 투영 광학장치의 개구수(NA)를 증가시킴으로써 개선된다 하더라도 초점심도(초점 마진)(DOF)는 상술된 식 DOF = ±λ/NA ^{2} 에 나타내어진 바와 같이 개구수의 제곱에 반비례하여 감소한다. 따라서, 높은 개구수를 가지는 투영 광학장치가 제조될 수 있다 하더라도, 필요한 초점 심도가 획득될 수 없고, 이것은 사실상 큰 문제점이다. 조사광의 파장이 i라인의 365mm이고 개구수가 0.6이라고 가정하면, 초점심도(DOF)가 비교적 작은값, 즉 폭이 약 1㎛(±0.5㎛)가 된다. 따라서, 해상도는 표면 불균일도 또는 곡률이 웨이퍼상에서 하나의 쇼트영역(약 20×20mm2 또는 30×mm2)내에서 DOF 보다 더 크게 된다. 추가로, 스테퍼 시스템에서 특히 높은 정밀도로 웨이퍼상에 각 쇼트영역에 대해 포커싱, 레벨링등을 실행할 필요가 있으며, 그리하여 기계적 시스템, 전기적 시스템 및 소프트웨어상에서 부담(예를 들면 ; 분해능, 서보제어 정확도 세팅시간등의 측정치를 개선시키는데 필요한 노력)이 증가하게 된다.

이러한 환경하에서, 본 출원인은, 예를 들면 일본국 공개 특허공보 제04-101148호 및 04-225358호에, 상술된 투영 광학장치의 문제점이 해결될 수 있는 신규한 투영 노광기술을 제안하고 있고, 그리고 높은 해상도 및 큰 초점길이 모두가 일본국 공고 특허 공보 제 62-50811호에 기술된 것등과 같은 위상 시프터가 설치된 레티클을 사용하지 않고 획득될 수 있다. 이 제안된 노광기술은 투영 광학장치를 변형시키지 않고 특별한 모드에서 레티클 조사방법을 제어함으로써 명백한 해상도 및 초점심도를 증가할 수 있게 한다. 이 기술은 SHRINC(Super High Resolution by IllumiNation Control) 방법으로 명명된다. 이 SHRINC 방법에 따르면, 레티클은 그 레티클 상에서 라인 및 공간패턴(L& S 패턴)의 피치 방향으로 대칭적으로 경사진 두 조사광빔(또는 4 조사광빔)으로 복사되며, 그리고 0차 회전된 광성분 및 ±1차 회전된 광성분들중 하나가 L& S 패턴으로부터 형성되며, 광출에 관하여 대칭으로 투영 광학장치의 동을 관통하도록 강제되고, 그리하여 2빔 간섭(예를 들면, 1차 회전된 광성분들중의 하나와 0차 회절된 광성분 상의 간섭)의 원리를 이용함으로써 L& S 패턴의 투영 상(간섭 프린지)을 형성하게 된다. 통상의 방법(예를 들면 보통 수직방향조사)에 비교하여 2빔 간섭을 이용하는 상 형성은 초점 이탈이 발생할 때 파두의 수차의 발생을 억제하는 것이 가능하다. 그렇기 때문에, 초점심도는 명확히 증가하게 된다.

그러나 SHRINC 방법은 레티클상에서 서로 상대적으로 가까운 패턴들 사이에서의 광 간섭을 이용하여, 그리하여 해상도 및 초점심도를 향상시킨다. 즉, 레티클상에 형성된 패턴이 L& L 패턴(격자 패턴)인 경우에서처럼 주기구조를 가질 때 원하는 효과를 얻을 수 있게 된다. 그러나, 고립된 패턴(패턴들 사이의 거리가 비교적 큰 경우), 예를 들면 접촉홀 패턴(미세 정사가 패턴)에 대하여는 아무 효과도 획득될 수 없다. 이에 대한 이유는 다음과 같다 : 고립된 미세패턴인 경우, 회전된 빛은 회절각의 방향으로 거의 균일한 분포를 형성하도록 하는 그런 방식으로 거기서 부터 제조되고, 그리하여, 그것은 0차 회절된 빛 및 투영 광학장치의 동내의 고차 회절된 빛으로 명확히 분리되지 않는다.

그렇기 때문에, 고립패턴, 예를 들면, 접촉 홀에 대한 명확한 초점심도를 확대하기 위하여, 웨이퍼상의 각 쇼트영역에 대하여, 그 웨이퍼가 한번에 소정량씩 광학축을 따라 단계적으로 이동되고, 그리고 노광이 웨이퍼상의 각 조리개위치에 대해 실행되고, 즉 노광이 각 쇼트영역에 대해 다수회 실행 되는 그러한 노광 방법이 제안되었다. 예를 들면, 일본 공개 특허공보 제63-42122 호 (대응 미국특허 제4,869,999호)를 보라. 이 노광방법은 FLEX(Focus Latitude enhancement EXposure)라 명명되고, 고립된 패턴, 예를 들면 접촉 홀에 대한 만족스러운 초점심도 확대효과를 제공한다. 그러나, FLEX 방법은 약간 초점 이탈된 접촉홀 상의 다중 노광을 필요로 한다. 그렇기 때문에, 다중 노광에 의해 획득된 복잡한 광학 상 및 현상후 획득된 레지스트상의 첨예도가 필수불가결하게 감소한다. 따라서 FLEX방법은 서로 밀접한 접촉 홀 패턴 턴의 해상도를 저하시키고, 노광정도의 변화마진(즉, 노광마진이 낮아지는 등과 같은 문제점을 발생시킨다.)

FLEX 방법은 또한 일본 공개특허 공보 제 05-13305(대응 미국 특허 출원 제 820,244 호, 본 발명의 출원인과 동일한 출원인, 여기서 웨이퍼는 노광후 광축을 따라 이동되고 단계적으로가 아니라 연속적으로 이동됨) 그리고 미국특허 제 5,255,050 호에도 기술되어 있다는 것을 주목해야 한다.

또다른 통상의 기술로서, 동 필터가 투영 광학장치의 동면(pupil plane)에 형성되며, 즉 레티클 및 웨이퍼 사이의 상 형성 광학 경로에서 레티클 패턴표면 및 웨이퍼 표면 둘 다에 대해 푸리에 변환 관계인 투영 광학장치의 평면에 형성된 기술이 최근 제안이었고, 그리하여 해상도 및 초점심도를 향상시킨다. 이 기술의 실시예는 연장된 요약(Spring Meeting, 1991)에서 공개된 수퍼 FLEX방법을 포함하고 있다. 29a-zc-8, 9 ; The Japan Society of Applied Physics. 이 방법은 또한 유럽 특허출원 제 485062 호에 기술되어 있다. 수퍼 FLEX 방법에서는, 투명상 기판이 투영 광학장치의 동에 형성되어, 상 기판에 의해 상 형성광에 주어지는 복잡한 진폭투과가 광축으로 부터 광축에 수직인 방향으로 주변부를 향하여 연속적으로 변화한다. 그리하여 투영 광학장치에 의하여 형성된 상은 상기 소정의 폭의 중심인 최선의 초점평면(레티클에 관하여 결합된 평면)에 관하여 광축방향으로 소정의 폭(통상의 방법에서 보다 넓은 폭)으로 그의 첨예도를 지속시킨다. 이리하여 초점심도는 증가한다. 수퍼 FLEX 방법에서 사용된 동 필터, 즉 소위 다중 초점 필터는 논문 " Research on Imaging Performance of Optical System and Method of Imporving the Same" pp 41-55, in Maching Testing Institute Report No 40, issued on January 23, 1961에 상세히 설명되어 있다. 동 필터 자체에 대하여는 미국특허 제 5,144,362 호를 참조하라.

그러나, 통상의 수퍼 FLEX 방법은, 비록 그 방법이 고립된 접촉홀 패턴용의 만족스러운 초점심도 증가효과를 제공한다 하더라도, 접촉홀 패턴 근처에서 발생하는 보조피크(링잉)의 세기가 상대적으로 강력해지는 문제점이 있다. 그렇기 때문에 서로 비교적 가까운 복수의 접촉홀 패턴인 경우에, 원하지 않는 고스트 패턴이 근처의 홀들 사이에서 발생하는 링잉이 서로 중접되는 위치로 이동되고, 그리하여 포토레지스트의 막 두께가 바람직하지 못하게 감소하게 된다.

본 발명의 목적은, 위상형 동 필터의 중앙 투광부(FA)의 반경(r2) 및 중앙 투광부(FA)대 외부 투광부(FB)의 폭 비(t)가 조건 $0.85 \times (0.34+0.12t) \leq r_1/r_2 \leq 1.15 \times (0.34+0.12t)$ [r_2]는 투영 광학장치의 개구수(NA)와 같은 동일한 반경임)을 만족하도록 설정되며, 그들 사이의 그것은 최적관계를 정의하고, 여기서 위상형 평면 및 웨이퍼는 이동가능 부재에 의해 광축을 따라 서로 상대적으로 이동되게 위상형 광학(동) 필터를 사용하는 투영 노광장치를 제공하는 것이다. 이 투영 노광장치에 따르면, 접촉홀 패턴의 투영 노광에 필요한 초점심도 및 노광마진을 보장하는 것이 가능하고, 서로 근접한 복수의 접촉홀 패턴이 노광 세기에 관하여 만족할만하게 독립할 수 있도록 하고, 그리고 근접한 접촉홀 패턴들 사이에서 발생하는 링잉을 최소화하는 것이 또한 가능하게 된다.

본 발명의 또다른 목적은, 투명한 평면 평행 기판의 상술된 위상형 동 필터대신 교환 가능하게 사용될 수 있도록 고안되어서 위상 변이를 사용하지 않는 보통의 노광을 가능하게 하여 푸리에 변환 평면에서 실행되고 그리하여 투영 광학장치의 위상 형성 특성(수차) 변화를 억제할 수 있도록 하는 투영 노광장치를 제공하는 것이다.

본 발명의 또 다른 목적은 상술된 투영 광학장치의 위상 형성 평면 및 상술된 감광성 기판이 광축 방향으로 서로 상대적으로 단계적으로 이동되어서 노광이 한 피치 거리

$$\Delta F_1 = \lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

만큼 서로 떨어진 복수의 위치들 각각에서 실행되거나, 또는 상 형성 평면 및 감광성 기판이 최소한 대략

$$\Delta F_2 = 2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

를 통하여 광축 방향으로 서로 상대적으로 연속하여 이동되면서 노광이 실행되고 그리하여 원하는 초점심도를 획득할 수 있게 되는 투영 노광장치를 제공하고자 하는 것이다.

본 발명의 또다른 목적은, 다음의 세 경우 각각에서, 즉, 비스캐닝 형태 투영 노광장치에서 상 형성 평면 및 웨이퍼가 광

축 방향으로 서로 상대적으로 단계적(즉, 한번에 한 피치씩)으로 이동되는 첫째 경우와 ; 상기의 비스캐닝 형태 투영 노광장치에서 위상 형성 평면 및 웨이퍼가 광축 방향으로 서로 상대적으로 연속 이동되는 둘째 경우와 ; 스캐닝 형태 투영 노광장치에서 위상 형성 평면 또는 웨이퍼중 어느 하나가 광축 방향으로 서로 상대적으로 연속 이동되는 셋째 경우에 ; 투영 광학장치의 상 형성 평면 및 웨이퍼가 서로 상대적으로 이동될 때 그 이동거리가

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

로 설정되게 되는 시스템을 제공하고자 하는 것이다. 본 장치에 따르면, 투영 노광에 필요한 초점심도 및 노광마진을 보장하는 것이 가능하다. 더욱이, 이동거리는 그것이, 예를 들면

$$2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

로 설정된 경우에 비하여 감소될 수 있다. 따라서, 동작시간을 단축시킬 수 있고 제조비용을 감소시킬 수 있게 된다.

본 발명이 또다른 목적은 상술된 세 가지 경우에 광학 필터(위상 플레이트)가 투영 광학장치의 푸리에 변환 평면에 배치되고, 위상 형성 평면 또는 웨이퍼가

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

의 거리만큼 광축방향으로 이동되는 방법을 제공하는 것이다. 본 발명에 따르면, 상술된 바와 유사한 이점들이 획득될 수 있다.

상술된 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 노광용 조사광(ILB)으로 미세 패턴의 마스크(레티클 R)를 조사하기 위한 조사장치(1 내지 14)와, 그 레티클의 패턴으로부터 나오는 빛을 받아들이고 감광성 기판(웨이퍼 W)상에 패턴상을 투영하기 위한 투영 광학장치(PL)를 가지는 투영 노광장치를 제공한다. 이 투영 노광장치에는 마스크 및 감광성 기판사이의 상 형성 광학 경로에서 푸리에 변환 평면(FTP)상에 또는 근처에 배치되는 위상 평판(동 필터PF)이 제공되며, 그리하여 푸리에 변환평면 또는 그 근처의 평면상에서의 투영 광학장치(PL)의 광축(AX)에 중심을 둔 반경 r1의 원형영역(FA)의 외부에 놓여있는 외부영역(FB)을 관통하는 빛이 진폭이 위상 평면에 의하여 서로 부호가 다르게 된다. 이 투영 노광장치는 투영 광학장치의 상 형성 평면 및 감광성 기판을 그 패턴의 상이 감광성 기판상에 투영될 때 광축을 따라 서로 상대적으로 이동시키기 위한 이동가능 부재(웨이퍼 스테이지 WST)가 추가로 제공된다. 추가로 원형 영역(FA)의 반경 r1 및 원형 영역(FA)을 관통하는 빛의 진폭 대 그 외부영역(FB)을 관통하는 빛의 진폭의 비(t)가 다음의 조건을 만족하도록 결정된다 :

$0.85 \times (0.34 + 0.12t) \leq r_1/r_2 \leq 1.15 \times (0.34 + 0.12t)$

여기서 r_2는 투영 광학장치의 개구수(NA)에 대응하는 동면의 반경이다.

본 투영 노광장치에는 교환소자(20, 30)가 추가로 제공되며, 이에 의하여 위상 평판이 상 형성 광학 경로내로 삽입될 수 있고 또한 그로부터 제거될 수 있으며, 위상 평판이 상 형성 광학 경로로부터 제거될 때 그 위상 평판과 거의 동일한 광학 두께를 가지는 투명 평판 평행기판(PF3)이 푸리에 변환 평면상에 또는 그 근처에 배치된다.

추가로, 본 투영 광학장치의 위상 형성 평면 및 감광성 기판이 이동가능 부재에 의하여 서로 상대적으로 단계적 이동될 때, 광축(AX)의 방향에서 서로

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

만큼 떨어져 있는 복수의 분리위치 각각에서 노광이 실행되며, 여기서 λ는 조사광의 파장이고, NA는 그들의 감광성 기판측에서 투사 광학장치의 개구수이다. 다른 한편, 투영 광학장치의 상 형성 평면 및 감광성 기판이 이동 가능 부재에 의하여 광축(AX)방향으로 서로 상대적으로 연속적 이동될 때, 그들은 최소한 대략

$$2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

만큼 서로 상대적을 이동되게 된다.

추가로 본 발명은, 마스크상에 형성된 미세 패턴상을 감광성 기판상에 투영시키기 위한 투영 광학장치와 ; 상기 투영 광학장치내에서 푸리에 변환 평면상에 또는 근처에 배치되어서, 투영 광학장치의 광축에 중심이 있는 원형 영역을 관통하는 빛의 진폭 및 그 원형 영역의 외부에 놓인 외부영역을 관통하는 빛의 진폭이 부호가 서로 다르게 되도록 하는 광학필터를 가지는 투영 노광장치를 제공한다. 투영 광학장치의 상 형성 표면 및 감광성 기판이 최소한 대략

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

만큼 투영 광학장치의 광축을 따라 서로 상대적으로 이동되며, λ는 마스크를 조사하는 빛의 파장이고 NA는 감광성 기판측에서 투영 광학장치의 개구수 이다.

추가로 본 발명은 투영 광학장치를 사용한 노광 방법을 제공한다. 본 방법은, 투영 광학장치에서 푸리에 변환 평면상 또는 근처에 광학 필터를 배치하고, 그리하여 투사 광학장치의 광축에 중심을 둔 원형영역을 통과하는 빛의 진폭 및 원형영역 외부에 놓인 외부영역을 관통하는 빛의 진폭이 그 광학 필터에 의해 서로 부호가 다르게 되게 하는 단계와, 그리고 마스크 위의 미세 패턴 상이 투영 광학장치를 통하여 감광성 기판상에 형성될 때, 투영 광학장치의 상 형성 평면 및 감광성 시판을 투영 광학장치의 광축을 따라 최소한 대략

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

만큼 서로 상대적으로 이동시키는 단계를 포함하며, 여기서 λ는 마스크를 조사하는 빛의 파장이고 NA는 그의 감광성 기판에서 투영 광학장치의 개구수이다.

제 1 도는 본 발명의 일 실시예에 따른 투영 노광장치(이하에 주위환경에 따라 " 스테퍼" 로 칭함)의 일반적인 배치도를 도시한다. 제 1 도에 따르면, 수은 증기 램프(1)로부터 방사된 고휘도의 빛이 타원형 거울(2)에 의하여 그 타원형 거울(2)의 2차 초점상에 수렴한다. 그후 빛은 발산광의 형태로 시준기 렌즈(4)로 입사된다. 로터리셔터(3)는 ; 조사광이 선택적으로 통과 및 컷 오프되도록 노광 동작을 제어하기 위하여 타원형 거울(2)의 2차 초점(시준기 렌즈(4)의 정면초점)에 배치된다. 시준 렌즈(4)에 의하여 대략 평행인 광빔으로 변환된 조사량은 단파장 컷 필터(5) 및 간섭필터(

6)상에 연속적으로 입사되고, 여기서 노광에 대해 필요한 원하는 스펙트럼 선 ; 예를 들면 i라인만이 추출된다. 간섭 필터(6)로부터 나오는 조사광(i라인)은 광학 적분기 역할을 하는 플라이 아이렌즈(4)로 들어가게 된다. 물론 i라인 외의 파장 또는 복수의 파장들이 사용되며, 광원은 레이저 또는 다른 적당한 광원이다.

플라이 아이렌즈(7)에 입사되는 조사광(대략 평행광빔)이 복수의 렌즈소자에 의해 분할되고, 그리하여 2차 광원상(즉, 수은 증기램프(1)의 발광지점의 상)이 각 렌즈소자의 출구측에 형성된다. 따라서, 점 광원상 - 1의 총수는 렌즈소자의 총수와 같음 - 이 플라이 아이렌즈(7)의 출구측상에 표면 광원상을 형성하도록 분배된다. 여러 가지 조리개(8)가 표면 광원상의 크기를 제어하기 위하여 플라이 아이렌즈(7)의 출구측 상에 제공된다. 조리개(8)를 관통하는 조사광(발산광)이 거울(9)에 의해 반사되어 콘덴서 렌즈 시스템(10)으로 들어간다. 그후, 조사광은 레티클 블라인드(11)내에 설치된 사각 구경을 균일 조도 분포로 복사한다. 제 1 도에서 플라이 아이렌즈(7)의 출구측상에 형성되는 복수의 2차 광원상(점광원)으로부터의 복수의 조사광빔중에서, 광축(AX)상에 놓인 하나의 2차 광원상으로부터의 조사광만이 전형적인 조사광빔으로서 도시된다. 플라이 아이렌즈의 출구측(즉, 2차 광원이 형성된 표면)이 레티클 블라인드(11)의 사각 구경 평면에 관하여 푸리에 변환 평면을 형성한다. 따라서, 플라이 아이렌즈(7)에 의하여 형성된 복수의 2차 광원상으로부터 방사되고 콘덴서 렌즈 시스템(10)상에 입사되는 조상광빔은 입사각이 서로 약간 다른 평행 광빔 형태로 레티클 블라인드(11)상에서 서로 중첩된다.

레티클 블라인드(11)내의 사각 구경을 통과하는 조사광은 렌즈 시스템(12)을 통과하고, 거울(13)을 경유하여 콘덴서 렌즈(14)로부터 나오는 빛은 조사광빔(ILB)으로서 레티클(R)에 도달한다. 이 시스템에서 레티클 블라인드의 사각 구경 평면 및 레티클(R)의 패턴표면이, 렌즈 시스템(12) 및 콘덴서 렌즈(14)로 구성된 복합 렌즈 시스템에 의해 서로에 대하여 결합되도록 포개진다. 따라서, 레티클 블라인드(11)의 사각 구경의 상이 레티클(R)의 패턴표면내에 형성된 사각 패턴형성 영역을 포함하도록 형성된다. 제 1 도에 도시된 바와 같이, 플라이 아이렌즈(7)에 의해 형성된 2차 광원상으로부터의 조사광빔중에, 광축(AX)상에 놓여 있는 하나의 2차 광원상으로부터의 조사 광빔은 레티클(R) 상에서 광축(AX)에 관하여 기울어지지 않은 평행 광빔이다. 이 이유는 투영 광학장치(PL)의 레티클측이 텔레센트릭이기 때문이다. 광축(AX)로부터 떨어져 놓여있는 대다수의 2차 광원상(즉, 점광원)이 플라이 아이렌즈(7)의 출구측상에 형성되기 때문에 이 2차 광원상으로부터의 모든 조사 광빔은 레티클(12)상에서 광축(AX)에 관하여 기울어진 평행 광빔이고, 이 조사광빔은 당연히 패턴 형성영역에서 서로 포개진다. 레티클(R)의 패턴 표면 및 플라이 아이렌즈(7)의 출구측 표면이 당연히 콘덴서 렌즈 시스템(10), 렌즈 시스템(12) 및 콘덴서 렌즈(14)로 구성된 복합렌즈 시스템에 의하여 서로 푸리에 변환 관계로 광학적으로 배치된다. 조사광빔(ILB)이 레티클(R)로 입사하는 각의 범위(ϕ)는 조리개(8)의 구경직경에 따라 변환한다. 즉, 표면광원의 실제영역이 조리개(8)의 구경직경을 감소시킴으로써 감소될 때 입사각 범위(ϕ)도 또한 감소한다. 이리하여 조리개(8)는 조사광의 공간 코히어런시를 조절하는 역할을 한다. 조사광의 공간 코히어런시의 정도를 나타내는 인자로서, 조사광 빔(ILB)의 최대 입사각($\phi/2$)의 사인값 대 투영 광학장치(PL)의 레티클측 개구수(NAr)의 비(6 값)가 적용된다. 일반적으로 6값은 $6=\sin(\phi/2)NAr$로서 정의된다. 동작중에 있는 많은 스테퍼들은 6값 범위가 약 0.5 내지 0.8 내에서 사용된다. 본 발명에서, 6은 임의의 값으로 가정할 수 있으며 ; 극단의 경우에 그것은 약 0.1 내지 0.3 사이의 범위내에 있을 수 있다. 필요하다면, 상술된 SHRINC 방법에 따른 병형된 광원 조리개 또는 환형의 조리개가 사용될 수 있다.

부수적으로, 레티클(R)의 패턴 면은 크롬층으로 형성된 미리 결정된 레티클 패턴을 가진다. 레티클(R)이 그의 전체 패턴 표면에 증착되며 그리고 미세 직교 개구부(즉, 크롬층이 없는 투명부)에 의해 한정된 다수의 접촉홀 패턴으로 형성된 크롬층을 가진다고 가정하자. 접촉홀 패턴은, 웨이퍼(W)에 투영 될 때 접촉홀 패턴이 0.5㎛보다 크지 않은 크기(또는, 0.5㎛보다 크지 않은 지름)을 가지도록 설계될 수 있다. 레티클(R)에서 측정된 바와 같이 접촉홀 패턴의 크기는 투영 광학장치(PL)의 투영 크기(M)를 고려하여 결정된다. 일반적으로, 인접 접촉홀 패턴 쌍간의 거리가 하나의 접촉홀 패턴의 개구부 크기보다 큰 경우에는 각각의 접촉홀패턴은 소위 " 절연된 미세 패턴" 으로 불린다. 많은 경우에 이는, 인접 접촉홀 패턴의 각각의 쌍은, 이러한 접촉홀 패턴으로부터 만들어진 광빔(회절광 또는 산란광)이 회절 격자에서와 같이 서로 영향을 강하게 주지 않기에 충분한 거리로 서로에 대하여 충분히 떨어져 있다. 그러나, 이러한 것은 후술하는

바와 같이 서로에 대하여 비교적 밀착하게 형성된 접촉홀 패턴을 가진 레티클이다. 이러한 레티클에 대하여, 접촉홀 패턴으로 만들어진 광빔은 회절 격자에서와 같이 서로에 대하여 영향을 미친다(제14(A)도를 참조).

제1도를 보면, 레티클(R)은 레티클 단(RST)상에 있으며, 레티클(R)상의 접촉 홀 패턴의 광학 이미지(광도 분포)는 투영 광학장치(PL)에 대한 웨이퍼(W)의 표면에 제공된 포토레지스터 층상에 형성된다. 제 1 도에서, 레티클(R)에서 웨이퍼(W)로의 과 경로는 광선으로 형성된 이미지 번들에서 주된 광선에 의해서만이 도시된다. 위상형 동 필터(PF)는 투영 광학장치(PL)에서 푸리에 변환평면(이하, 동면이라 칭함 ; (FPT))상에 제공된다. 동 필터(PF)는 투영 광학장치((PL)의 동면의 최대 지름(수치구멍에 대응함)을 카바하리 만큼 충분히 크며 그리고 동 필터(PF)가 광학 경로로 연장되며 그로부터 삭제되도록 교환기(20)에 의해 움직이는 유지수단(30; 터릿 플레이트, 슬라이더 등)으로 고정된다.

스테퍼가 L& S 패턴을 포함하지 않는 접촉홀 패턴의 노출에 이용된다면 동 필터(PF)는 투영 광학장치(PL)에 고정된다. 그러나, 석판인쇄 방법에 대한 노출동작이 다수의 스테퍼를 이용하여 실행하는 경우에 각각의 스테퍼가 최상의 효용을 얻기 위한 관점에서 접촉홀 패턴에 대한 노출을 특정 스테퍼에 할당하기가 충분하지 않다. 따라서, 선택적으로 투영 광학장치(PL)의 동면(FPT)에 제기하거나 또는 그에 삽입하도록 동 필터를 제공함이 바람직하며, 이에 의해 접촉홀 패턴과는 다른 레티클 패턴(예컨대, L& S 패턴)의 노출에 이용될 수 있는 스테퍼가 가능하게 한다. 투영 광학장치(PL)에서 환형 구경정지(NA변경정지)는 유효 동 지름을 변경하기 위하여 동 위치(푸리에 변환 평면(FTP))에 제공될 수 있다는 점을 명심하여야 한다. 이러한 경우에 NA변경정지와 동 필터(PF)는 기계적으로서 영향을 미치지 않도록 위치하며 가능하면 서로 밀접하게 놓여진다. NA변경정지는 US특허 제4,931,830호에 기재되어 있다.

웨이퍼(W)는, 광학축(AX)에 수직한 평면에서 두개가 이동하며(이러한 움직임은 (이하 " XY이동" 으로 칭함), 그리고 광학축(AX)에 평행하게 가벼이 이동(이러한 움직임은 이하 " Z이동이라 칭함")하기에 적합한 웨이퍼 단(WST)에 남게된다. 웨이퍼 단(WST)의 XY이동과 Z이동은 단 구동 유니트(22)에서 효과적이다. XY이동은 레이저 간섭계(23)에 의해 측정된 직교 값에 따라 제어되고, Z이동은 자동포커싱에 이용된 포커스 센서(24)에 의하여 결정된 값에 따라 결정된다. 단 구동 유니트(22), 교환기(20)등은 주 제어 유니트(25)에서 나온 명령에 따라 동작한다. 주 제어 유니트(25)는 셔터(3)의 개폐 동작을 제어하기 위하여 셔터구동 유니트(26)로 명령을 전송하고 그리고 추가로 정지부(8) 또는 레티클 블라인더(11)의 구경크기(또는 개구 정도)를 제어하기 위하여 구경 제어 유니트(27)로 명령을 전송한다. 더욱이, 주제어 유니트(25)는 레티클 단(RST)으로 전송하기 위한 경로에 제공되는 바아 코드 판독기(28)에 의하여 판독된 레티클 이름을 입력할 수 있다. 따라서, 일반적으로 주 제어 유니트(25)는 교환기(20)의 동작과 입력된 레티클 이름에 따른 구경제어 유니트(27)의 동작을 제어하는바, 정지부(8)와 레티클 블라인더(11)가 구경 크기를 제어하는바, 이는 동 필터(PF)가 정확한 레티클 이용시에 요구되던지 않든지 간에 제어된다. Z이동은 웨이퍼 단(WST)의 평면에서 투영 광학장치(PL)에 의하여 유효하게 된다.

제 1 도에 도시한 바와 같이 투영 광학장치(PL)쌍의 구조는 이하 제 2 도와 관련하여 설명한다. 제 2 도는 그 전체가 굴절 유리 물질로 만들진 투영 광학장치(PL) 쌍을 도시한 일부 단면도이다. 푸리에 변환 평면에는 후미 렌즈 시스템(GB)의 최상위 렌즈(GB1)와 정면 렌즈 시스템(GA)의 최하위 렌즈(GA1) 사이에서 한정한 공간이 나타난다. 투영 광학장치(PL)는 렌즈 원통에 있는 다수의 렌즈가 있다. 상기 실시예에서 다수의 동 필터는, 동 필터(PF)가 남아있는 잔류부재(30)의 회전에 의해 렌즈 원통의 일부분에서 개구부에 교환할 수 있도록 위치된다. 더욱이, 커버(20B)는 잔류부재(30)와 구동축(30A)이 외부 공기에 부분적으로 또는 전체적으로 직접 노출되는 것을 방지하기 위하여 렌즈 원통이 개구부에서 연장된다. 커버(20B)는 외부공기에 부유하는 먼지가 투영 광학장치(PL)의 동공 공간으로 진입하는 것을 방지한다. 부가하여, 회전 모타등의 액튜에이터(20A)는, 다수의 동 필터가 상술한 바와 같이 잔류부재(30)의 회전에 의해 투영 광학장치(PL)의 동면(FTP)상에 교대로 위치할 수 있도록 교환기(20)와 접속된다. 더욱이, 흐름 경로(AF)는 동공공간과 교신하기 위하여 렌즈 원통의 일부에 제공된다. 따라서, 온도 제어된 크린에어는 파이프(29)와 흐

름 경로(AF)를 경유하여 동공 공간으로 공급하며 그에 의하여 노출광의 흡수에 의하여 야기된 동 필터의 온도 상승뿐만 아니라, 전체 동공 공간의 온도 상승을 억제한다. 동공 공간에 강하게 공급된 크린에어가 교환기(20)와 액튜에이터(20A)에 위하여 강하게 방전된다면 교환기(20), 잔류부재(30)에서 나온 먼지가 동공공간으로 들어가는 것을 막을 수 있음을 알아야 한다.

제 3 도는 제 2 도의 잔류부재의 특정배열을 도시하고 있다. 상기 실시예에서 세 개의 동 필터(PF1-PF3)는 동일 각 공간에서 튜렛형 디스크에 고정된다. 세 개의 동 필터(PF1-PF3) 각각은, 동면(FTP)에서 분산된 광으로 형성된 이미지가 상술한 바와 같은 NA정지부의 구경 지름(반경 r_2)에 무관하게 동 필터를 경유하여 통과하도록 투영 광학장치(PL)의 동면의 최대 반경을 카바할 정도로 충분히 큰 반경(r_2)을 가진다. 동 필터(PF3)는 L&S 패턴의 노출에 특히 이용된다. 따라서, 위상 시프터를 이용하지 않는 보통의 노출(SHRINC방법과 연조광법을 포함하는 노출) 수행될 때, 동면(FTP)에 증착된다. 동 필터(PF3)는 동 필터(PF1,PF2)의 두께와 거의 동일한 두께 (광학 두께)를 가지는 투명한 평행의 평면(예컨대, 수정기판)이다.

동 필터(PF3)는 투영 광학장치(PL)의 특성(수차)를 형성하는 이미지의 변화를 최소화하는데 이용된다.

동 필터(PF1,PF2)는 본 발명에 따른 위상형 동 필터로서, 이는 수정으로 만들어진 투명기판의 중심환형부(제 3 도에서 빗금친 부분)의 반경(r_1)과 예정된 두께를 가지는 예컨대, 스핀온 글라스(SOG)와 같은 위상 시프트(PS1,PS2)를 증착함에 의해 형성된다. 따라서, 동 필터(PF1,PF2)에서, 중심 환형 전송부분(위상 시프트부(PS1,PS2)를 통과하는 광의 증폭도, 즉 환형 투광부의 투과도는 외부(투명기판의 벗겨진 부분)를 경유해 통과하는 광선의 진폭도, 즉, 기판의 벗겨진 부분의 투과도와는 다르다. 위상 시프트(PS1,PS2)는, 중심환형 투과부를 경유해 투과되는 광과 기판의 벗겨진 부분을 경유해 통과하는 광간에 $(2m+1)\pi$[rad](여기서, m은 정수)가 주어지도록 조절된다.

부가적으로, 상기 실시예에서, 동 필터(PF1,PF2)는 환형투광부(PS)의 반경(r_1)과 진폭 투과도가 서로 다르게 만들어진다. 즉, 동 필터(PF1,PF2)의 환형투광부(PS1,PS2)는 다른 반경(r_11,r_12)과 다른 진폭 투과도를 가진다. 이러한 이유는, 본 발명의 따른 동 필터에서 외측에 놓인 기판의 벗겨진 부분과 환형 투광부간의 진폭 투과도 비율과 환형투광부의 반경(r_2)에 대한 최적값중 적어도 하나가 투영 광학장치(PL)의 개구수(NA; 동면지름)에 따라 변한다. (상기 실시예에서, 진폭 투과율은 환형 투광부의 진폭 투과율과 동일한데, 그 이유는 상기 비율이 환형투과부상의 위상 시프터를 증착함에 의해 결정되기 때문이다. 따라서, 서로의 조건 형성시에 달라지는 동 필터가 제공되는바, 이는 최적 동 필터가 스테퍼에서 개구수(NA)의 두개의 값중 각각에 이용할 수 있게 하기 위하여 제공되는 것으로서, 여기서, 투영 광학장치(PL)의 개구수(NA)가 상술한 바와 같이 NA 변경정지부(푸리에 변환 평면(FTP)에서 동공 반경을 지시함)에 의해 변화될 수 있다. 그러나, 본 발명은 상술한 바와 같은 배열로 한정할 필요는 없다. 즉, 잔류부재(30)의 구조는 4개 또는 그 이상의 다른 유형의 동 필터가 제공된다면 변형될 수 있는데, 그에 따라 환형투광부의 반경을 최적화하는 것이 가능하며 3개이상의 개구수(NA) 각각에 대한 진폭전과도를 최적화하는 것이 가능한데 즉, 최적 동 필터가 각각의 개구수(NA)에 이용되게 할 수 있다.

제 4 도는 본 발명에 따른 위상형 동 필터(PF1)에 배열에 관한 하나의 실시에를 도시하고 있다. 동 필터(PF1)가 광학축(AX)에 일치하게 만들어진 그의 중심에 대한 투영 광학장치(PL)에서 작동한다고 가정하자. 제 4 도를 고려하면, 광학축(AX)의 중심에 있는 반경(r_2)을 가진 환형 투과부(영역 FA)에 증착된 위상 시프터(PS)를 구비하며 환형 영역(FA)의 외측에 제공된 외측 영역(영역 FB)을 추가로 가진 외측 영역을 경유하여 통과하는 광의 진폭도가 $t_2 = +1.0$ 이라고 가정하면, 환형 영역(FA)에서 위상 시프터를 경유하여 통과하는 광의 위상은 반전되며 그 진폭도의 절대값은 1.0보다 작은 t_2가 되어 어느 연장부에서는 흡광이 이루어진다. 이러한 흡광은 광 흡수 물질로부터 위상 시프터(PS)를 형성함에 의해 얻어질 수 있다. 그러나, 위상 시프터는 이중 층 필림에 의하여 형성될 수 있는 바, 이는 박막 금속질 필림(일부의 광이 통과할 수 있는 예정된 투과도를 가짐)과 광 투과 위상 시프터를 구비한다. 제 4 도에서 동 필터(PF)의 외측 반경(r_3)은 투영 광학장치(PL)의 최대 개구수(동면의 최대 반경)와 동일하다. 그러나 동 필터(PL)의 반경(r_3)은 실제로 동면의 최대 반경보다 클 수 있는데 이는 반경(r_3)보다 더 큰 지름을 가진 영역에서 광으로 형성된 이미지는 투영 광학장치(PL)에 제공된 상술한 바와 같은 NA 정지부에 의하여 차단된다. 추가로 동 필터(PF)는 투영 광학장치의 동면의 최대 반경보다 작은 동 필터(PF)의 외측 반경을 만듦에 의하여 구경 정지부(NA정지부)로서 이용될 수 있다.

본 발명은 제4도에 도시된바와 같은 상술한 위상형 동 필터(PF)이용과 통상적인 FLEX방법을 결합함에 의하여 초점 심도와 노출 여백을 확실히 하여 울림을 최소화하는 것이다. 따라서 상기 실시예에서 제 1 도에 도시한 바와 같은 웨이퍼(W)를 잔류시키기 위한 웨이퍼 단(WST)는 통상적인 FLEX방법을 실행한다. 즉, 웨이퍼 단(WST)은 노출동안 광학축(AX)방향에서 웨이퍼를 움직이거나 진동하게 한다.

본 발명에 따른 결과에 의하면, 다음과 같은 사실을 알 수 있다. 즉, 외측 투광부(FB)의 진폭 투과도(t_2)에 대한 환형 투광부(FA)의 진폭 투과도(t_1)의 비율은 $t(=t_1/t_2)$이고 제 4 도에 도시된 바와 같은 동 필터(PF1)에서 비율인$t(=t_1/t_2)$와 반경 r2는 다음의 관계식을 만족하기 위하여 결정된다.

즉, $r_1 = (0.34 + 0.12t)r_2$

이러한 것은 동 필터(PF)에서 초점 심도와 노출 여백을 확실하게 하는 울림을 최소화하는 최적의 해법이다. 상기의 내용에서 r_2는 상술한 바와 같이 동면(FTP)에 제공된 구경 정지부(NA 변경 정지부)의 반경이며, 또한, r_2는 동면에 구경 정지부가 제공되지 않는 투영 광학장치의 경우의 동면(FTP)의 반경이다. 외측영역(FB), 즉, 기판의 벗겨진 투명부의 진폭 투과도(t_2)가 고정된 값이기 때문에 반경(r_1)과 진폭 투과도(t_1)는 상기 관계식을 만족할 수 있도록 제어되어야만 한다.

투영 광학장치(PL)의 개구수가 푸리에 변환 평면(FTP)에 제공된 NA변경 정지부에 의해 변경되는 경우에 상기의 관계식에서 동면 반경(r_2)와 값은 변한다.

따라서, 동 필터(PF)는 개구수가 확실히 변환되도록 반경(r_1)과 진폭 투과도(t_1)중 적어도 하나가 변화하는 동 필터로 변경되어야만 한다. 그러나 실제로, 반경(r_1)은 상기의 관계식에서 한정하는 바와 같이 $(0.34 + 0.12t)r_2$로 제한될 필요가 없다. 실제로 반경(r_1)이 상기의 관계식으로 한정된 α가 약 15%인 허용 오차로 만들어져 결정된 범위($0.85r_1$과 $1.15t_1$의 범위)에 있는 한 안정된 실행을 얻을 수 있다. 즉, 제 4 도에 도시된 동 필터(PF)에서 반경(r_1)과 진폭 투과도(t_1)는 다음의 관계식을 만족하도록 결정되어야만 한다.

즉 $0.85\times(0.34 + 0.12t)r_2 \leq r_1 \leq 1.15\times(0.34 + 0.12t)r_2$

따라서, 투영 광학장치의 개구수의 변화량이 푸리에 변환 평면(FTP)에 제공된 NA 변경 정지부에 의해 야기되는 한 동 필터(PF)는 변화하지 않고 이용될 수 있다.

더욱이, 본 발명은 위상형 동 필터와 결합한 FLEX방법, 예컨대, 웨이퍼상의 각기 짧은 영역에 대하여 웨이퍼가 이미 예정된 시간에 의해 광축을 따라 스텝형으로 움직이며, 노출은 웨이퍼의 각기 정지부의 위치에서 실행되는바, 즉, 노출은 미합중국 특허 제 4,869,999 호에 기재되어 있는 바와 같이 각기 짧은 영역에 대하여 여러 번 실행되는 방법을 이용한다. 상기 방법에서, 다수의 불연속 노출위치(즉, 노출 움직임당 웨이퍼(W)의 움직임의 양)에 따른 인접 노출 위치쌍간의 간격인 ΔF_1은 대략 다음과 같은 식으로 결정된다.

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

여기서, λ는 조광(ILB)의 파장이며, NA는 그 웨이퍼 측부에서 투영 광학장치의 개구수이다.

이와 같은 이유는, 상기 기술된 움직임의 량이 본 발명에 의한 방법에서 최적의 값이 된다는 것이다.

노출동안 웨이퍼(W)가 광축을 따라 연속하여 움직이는 FLEX 방법이 본 발명에 이용될 때 움직임의 범위인 ΔF_2는 다음 식으로 결정된다.

$$2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

이러한 이유는 상술한 움직임의 범위가 본 발명에 의하여 최적 값이 되기 때문이다. 웨이퍼(W)가 특히 진동하는 경우에 진동의 투과도는 상기 두개의 움직임의 량인 ΔF_1과 ΔF_2간의 중간 값보다 더 크게 결정됨이 바람직하다.

웨이퍼(W)가 상술한바와 같이 연속하여 움직일 때 웨이퍼(W)의 움직임에 대한 속도는 제어 될 수 있는 방법이 제안되는바, 이에 의해 일본특허(KOKAI) 제 05-13305 호 및 제 05-47625 호와 미합중국 특허 제 5,255,050 호에 기재되어 있는 바와 같이 웨이퍼(W)가 스텝형으로 움직이는 방법에의 하여 얻어진 것과 동일한 효과 및 장점을 얻게 한다. 이러한 연속한 움직임 방법을 이용할 때 움직임의 양은 다음의 식에 의하여 얻어진다.

즉, $\Delta F_2 = 2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$

그러나, 스텝형 움직임 방법의 다수의 불연속 노출위치중에 인접노출 위치쌍간의 간격 보다 크거나 같도록 결정된다.

$$\Delta F_1 = \lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

노출이 상술한 바와 같이 스텝형 또는 연속 움직임인 웨이퍼에 실행되는 경우에 웨이퍼(W)는 광축방향에서 투영 광학장치의 최고 초점위치에 대하여 대략 대칭으로 움직인다.

부수적으로, 웨이퍼(W)의 움직임에 대하여, 웨이퍼 단(WST)의 움직임은 엔코더와 같은 위치측정 장치에 의하여 측정된 값에 따라 제어될 수 있는바, 이는 웨이퍼 단(WST) 내측의 웨이퍼 동작기계에 제공된다. 또한 웨이퍼 단(WST)은 포커스 센서(24) 또는 제 1 도에 도시된 배열에서와 같은 것에 의하여 검출된 값에 의하여 제어될 수 있다. 노출동안 웨이퍼(W)의 위치에서 레티클(R)을 움직이는 것이 가능하다. 이러한 경우에, 움직임의 양은 투영 광학장치(PL)의 세로방향 크기에 대응하는 양만큼 증가되어야만 한다. 즉, 투영 광학장치(PL)가 5배의 시스템(즉, 1/5감소 시스템)이라면 레티클(R)의 움직임의 양은 웨이퍼(W) 움직임 양의 25배가 된다. 투영 광학장치(PL)의 평면에 형성된 이미지는 투영 광학장치를 형성하는 광학성분의 쌍을 움직임에 의해 또는 레티클(R)에 가해진 조광(ILB)의 파장을 가볍게 변화시킴에 의해 광학축을 따라 이동시킬 수 있다. 이러한 경우에 평면에 형성된 이미지의 움직임 양은 상술한 바와 같이 웨이퍼(W)의 움직임의 양과 대략 동일하게 결정된다.

상기 실시예에서 본 발명은, 레티클 웨이퍼에 고정될 때 레티클에 영역을 형성하는 패턴의 전체 영역이 조사되며 그에 의하여 웨이퍼에 영역을 형성하는 패턴에 형성된 환형 패턴이 이미지를 투영한다. 그러나, 본 발명은, 레티클상의 환형 패턴의 이미지가 주사형 투영 노출장치, 즉 주사 노출법에 의하여 웨이퍼에 투영되고, 레티클 상에 영역을 형성하는 단지 한 부분의 패턴이 조사되고, 레티클과 웨이퍼는 투영 광학장치의 광학충에 대하여 직각방향으로 동시에 움직이고, 이에 따라 미합중국 특허 제 4,924,257 호와 제 5,194,893 호와 제 5,281,996 호에 기재된 바와 같이 웨이퍼상에 환형패턴이 이미지를 투영하게되는 투영 노출장치가 이용될 수 있다. 그러나, 상기 주사형 투영 노출 장치는 FLEX 방법을 이용하는 바, 투영 광학장치와 웨이퍼의 평면에 형성된 이미지는 미합중국 특허 제 5,255,050 호에 기재된 바와 같이 투영 광학장치의 광학축을 따라 서로 상대적으로 연속하여 움직인다. 따라서, 주사형 투영 노출 장치에서 실행되는 주사노출동안 투영 광학장치와 웨이퍼의 평면에 형성된 이미지는 다음 식 $\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$에 의하여 서로 상대적으로 움직이거나 또는 웨이퍼의 한 점이 투영 광학장치에 의하여 투영된 레티클 패턴의 영역(즉, 레티클에 조사된 영역과 동일한 영역)을 교차한다.

다음으로, 본 발명의 효과는, 상기 실시예(제 4 도)에서 동 필터(PF)와 FLEX 방법을 결합하여 이용된 시뮬레이션의 결과에 따라 설명될 수 있다.

제 6(A) 도와 제 6(B) 도는, 제 4 도에서 환형 투광부(FA)의 진폭 투과도(t_1)와 반경(r_1)이 $r_1 = 0.22 * r_2$와 $t_1 = -1.0$($t_2 = +1.0$)으로 설정될 때 접촉 홀 패턴의 광학 이미지의 시뮬레이션의 결과(단면 분산도)를 도시한다. 노출조건은 다음과 같다. 즉, 조광의 파장은 i번째 라인의 0.365㎛ : 투영 광학장치의 개구수(NA)는 0.57 : 조사 광학장치의 σ의 값은 0.6이다. 추가로 스텝움직임형 FLEX 방법에서, 두개의 불연속 위치 각각에서 실행되는 노출은 동 필터와 결합하여 이용되며 두 위치간의 간격인 ΔF_1은 다음과 같이 설정된다. 즉, $\Delta F_1 = \lambda/(1-\sqrt{1-NA^2}) = 2.0[\mu m]$.

제 6(A) 도는 패턴 이미지의 라인 A-A`을 따른 단면 이미지 분산도를 도시하고 있는바, 이는 제 5(A) 도에 도시한바와 같이 0.3에서 0.3㎛$^2$ 웨이퍼 측정단위)의 두개의 접촉홀이 서로 밀접하게 배열되는바, 0.75㎛의 중심거리인 0.45㎛ 거리에 배열된다. 제 6(B) 도는 패턴 이미지의 라인 B-B`을 따른 단면 이미지 분산도를 도시하고 있는바, 이는 제 5(B) 도에 도시한바와 같이 0.3에서 0.3㎛^{2} 웨이퍼 측정단위)의 두개의 접촉홀이 서로 밀접하게 배열되는바, 제 6(A) 도에서의 경우 0.45㎛ 보다 더 큰 1.50㎛의 두 중심간의 거리인 0.75㎛의 두 모서리간의 거리에 배열된다. 제 6(A), 6(B) 도에서, 실선은 초점이 가장 잘 맞추어진 위치에서 이미지 분산도를 나타내며, 점선은 ±1㎛에서 이미지 분산도를 나타내며, 이점쇄선은 ±2㎛에서 이미지 분산도를 나타낸다. 추가로 제 6(A), 6(B) 도에서 E번째는 포지티브 포토레지스트를 완전히 엷어지게 하기에 요구되는 노출광의 세기를 나타낸다. 따라서, 도면에서 E번째의 강도의 값에서 광학 이미지의 슬라이스 폭은 웨이퍼에 형성된 홀패턴의 지름으로 고려된다. 제 6(A), 6(B) 도 각각에서 광학 이미지의 이득(세로 방향크기)은, E번째 강도의 값에서 광학 이미지의 슬라이스 폭이 가장 초점이 잘 맞추어진 위치에서 이미지 분산도(실선)가 0.3㎛이 되도록 결정된다.

제 6(A), 6(B) 도에 도시된 바와 같이, 본 발명에서는 가장 초점이 잘 맞추어진 위치(실선)와 ±1㎛의 초점이 안 맞은 위치간의 홀패턴 이미지에서(도면에서는 두 위치에서 홀패턴 이미지가 실제로 서로에 대하여 겹쳐 놓여짐)변동이 실제로 없다. 달리 말하면, 극히 큰 초점 심도를 가진 접촉 홀 패턴의 투영 노출에 효과적일 수 있다. 추가로, 본 발명은 홀패턴, 즉, 제 6(A) 도에 도시한 바와 같이 서로 비교적 밀접하게 있는 두개의 홀패턴에 대하여 충분한 절연 능력(분해능)을 제공하며, 추가로 원하지 않는 변환이 두개의 홀패턴간에 발생하지 않는다는 장점을 가진다.

제 7(A), 7(B) 도는 제 6(A), 6(B) 도와는 다른 조건에서 실행된 광학 이미지의 시뮬레이션 결과를 도시하고 있다. 제 7(A), 7(B) 도에 도시된 시뮬레이션에서 중심 전송부(FA투광반경(r1)은 r1 = 0.22 * r2이고 진폭 투과도(t1)는 t1 = -1.0인바 이러한 값은 제 6(A), 6(B) 도의 경우에서와 같다. 그러나, 광학축 방향에서 2.0㎛의 간격만큼 떨어져 있는 3개의 불연속위치 각각에서 노출이 실행되는 FLEX 방법이 이용된다. 이용된 패턴과 같은 다른 조건 및 노출조건(NA, σ, λ)이 제 6(A), 6(B) 도의 경우에서와 같다. 제 7(A), 7(B) 도는 제 6(A), 6(B) 도에서와 같은 방법으로 제 5(A), 5(B) 도에 도시된 패턴이 광학 이미지를 도시하고 있다. 제 7(A), 7(B) 도에서, 가장 초점이 잘 맞는 위치(실선) ±1㎛의 초점이 안 맞는 위치(점선), 그리고 ±2㎛의 초점이 안맞는 위치(이점쇄선) 모두가 서로 겹쳐져 있다. 즉, 시뮬레이션의 결과는, 우수한 이미지가 초점의 방향에서 극히 넓은 범위에 겹쳐 얻어질 수 있다는 것을 나타난다. 이러한 경우에 인접 접촉홀간의 분해능은 극히 크며 울림은 물론 확실하게 로우 레벨로 감소된다.

제 8(A), 8(B) 도는 주어진 조건(r_1과 t_1)으로 형성된 동 필터가 본 발명에 따른 (제 6(A) 내지 7(B) 도)동 필터의 조건과 동일하기는 하나 FLEX 방법을 연결하여 사용하지는 않는다. 이용된 홀패턴의 다른 조건과 노출조건(NA, σ, λ)은 제 6(A) 내지 7(B) 도의 경우와 동일하다는 것을 알아야 한다. 제 8(A) 내지 8(B) 도에서, 울림은 확실한 로우 레벨로 감소된다. 그러나, ±1㎛의 초점이 안 맞는 위치에서 이미지(점선)는 가장 초점이 잘 맞은 위치에서 이미지(실선)와 비교하여 우수하다. 따라서, 충분한 초점 심도가 얻어질 수 없다. 즉, 본 발명에 이용된 위상형 동 필터는 이중 초점형 동 필터(후에 기술함)에서 얻은 것과 같은 확장된 효과의 강한 초점심도를 가지지 않기 때문에 FLEX 방법이 결합하여 사용되지 않는 한 초점 심도를 적절히 개선하는 것이 중요하다.

제 9(A) 내지 11(B) 도는 제 6(A) 내지 8(B) 도와는 다른 조건으로 형성된 동 필터를 이용한 광학 이미지 시뮬레이션의 결과를 도시하고 있다. 제 9(A) 내지 9(B) 도에서 환형 투광부(FA)의 진폭 투과도(t_1)는 $t_1 = -0.7$이고, 반경(r_1)은 $r_1 = (0.34 + 0.12t)r_2 \quad 0.26r_2$이다. 상기 실시예에서 투광부(FB)의 진폭 투광도(t_2)는 +1.0 이며 따라서 비율은 $t = t_1$이다. 이용된 홀패턴의 다른 조건과 노출조건(NA, σ, λ)은 제 6 (A) 내지 7(B) 도의 경우와 동일하다는 것을 알아야 한다. 따라서, FLEX 방법에서 웨이퍼(W)의 움직임 양(ΔF_1)은, 개구수(NA)와 파장(λ)이 정수이기 때문에 제 6(A) 내지 7(B) 도의 경우와 동일하다. 즉, 광학축 방향에서 2.0㎛의 간격만큼 떨어져있는 3개의 불연속위치 각각에서 노출이 실행되는 FLEX 방법이 이용된다. 제 9(A) 내지 9(B) 도에서 이미지는 각각의 초점위치에서 서로 겹쳐지며 따라서 확실한 초점심도가 얻어진다. 추가로, 인접 접촉홀간의 분해능은 극히 크며 울림은 확실하게 로우 레벨로 감소된다.

제 10(A) 내지 10(B) 도에서 진폭 투과도(t_1)는 $t_1 = -0.4$이고, 반경(r_1)은 $r_1 = (0.34 + 0.12t)r_2 \quad 0.29r_2$이다. 제 11(A) 내지 11(B) 도에서 진폭 투과도(t_1)는 $t_1 = -0.2$이고, 반경(r_1)은 $r_1 = (0.34 + 0.12t)r_2 \quad 0.32r_2$이다. 제 11(A) 내지 11(B) 도와 제 10(A) 내지 10(B) 도에서 이미지는 각각의 초점위치에서 서로 겹쳐지며 따라서 확실한 초점심도가 얻어진다. 추가로, 인접 접촉홀간의 분해능은 극히 크며 울림은 확실하게 로우 레벨로 감소된다.

상술한 시뮬레이션의 결과(제 7(A), 7(B)도 및 제 9(A) 내지 11(B) 도)로부터 명백하게 알 수 있는 바와 같이 본 발명에 의해 극히 우수한 이미지를 형성하는 실행이 얻어지는 바, 위상형 동 필터의 반경과 진폭 투과도는 $r_1 = (0.34 + 0.12t)r_2$의 관계식을 만족하며 이용된 FLEX 방법의 불연속 노출위치간의 간격은 $\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$ 을 만족하도록 제공된다. 그러나, 실제로 반경(r_1)이 노출조건에 의하여 제한하기 위한 약 15%의 허용오차로 결정된 범위에서 상기 조건을 만족시키는 한, 확실한 초점심도가 가능하며 다수의 인접 접촉홀을 분리시키는 목표한 가능성을 얻을 수 있으며 울림을 확실한 로우 레벨로 감소시킬 수 있다.

제 7(A), 7(B) 도 및 제 9(A) 내지 11(B) 도에서, 노출이 3개의 불연속위치 각각에서 실행되는 FLEX 방법이 이용된다 할지라도 FLEX 방법에서 불연속 노출 위치의 수가 3개로 제한될 수 없으나 적어도 2개 이상은 되어야 한다. 제 12(A) 내지 12(B) 도는, 11(A) 내지 11(B) 도에서 이용된 것과 같은 동 필터($t_1 = -0.2$, $r_1 = 0.32r_2$)가 FLEX 방법과 결합하여 이용되고, 노출은 광학축 방향에서 2㎛의 간격만큼 떨어진 두 개의 불연속위치 각각에서 실행되는 광학 이미지 시뮬레이션의 결과를 도시하고 있다. 제 12(A) 내지 12(B) 도에서, 우수한 광학 이미지는 제 6(A), 6(B) 도($t_1 = -0.1$, $r_1 = 0.22r_2$인 동 필터가 노출이 두개의 불연속 위치 각각에서 실행되는 FLEX 방법과 결합하여 이용됨)가 경우와 같은 방법으로 얻어질 수 있다. 제 6(A) 내지 14(B) 도에서, 첨가물(A)의 형상은 제 5(A) 도에 도시된 바와 같이 서로 비교적 밀접하게 있는 접촉홀 패턴의 광학 이미지를 도시하고 있는 반면, 첨가물(B)의 형상은 제 5(B) 도에 도시된 바와 같이 서로 비교적 멀리 떨어져 있는 절연된 접촉홀 패턴의 광학 이미지를 도시하고 있다.

상기 시뮬레이션에서, 다수의 불연속위치 각각에서 실행되는 노출이 이용되며 다수의 불연속 노출 위치간의 간격(ΔF_2)에 대하여 본 발명에 의하여 실행된 시뮬레이션의 결과로부터 얻어진 최적값을 이용하는 FLEX 방법이 이용된다. 간격(ΔF_1)이 최적값보다 더 적다면 확실한 효과를 가져오는 적절한 초점심도는 얻어지지 않을 것이며 반면 간격(ΔF_1)이 최적 값보다 더 크다면 이중(또는 삼중) 초점현상은 확실한 초점심도를 얻을 수 있을 것이다.

더욱이, 상술한 시뮬레이션에서는 FLEX 방법에서 다수의 불연속 노출 위치의 수가 2개 또는 3개라 할지라도 4개 또는 그 이상 일수도 있다. 노출이 다수의 불연속위치 각각에서 노출을 실행하는 대신에 웨이퍼(W)가 광학축 방향에서 어느 범위내로 연속하여 움직이는 FLEX방법을 이용하는 것이 가능하다. 이러한 경우에, 웨이퍼(W)가 연속하여 움직이는 범위는 불연속위치간의 간격에 대한 최적값(ΔF_1)을 적어도 대략 두 배로 설정하는 것이 바람직하다.

웨이퍼(W)가 스텝형으로 움직이는 FLEX 방법을 이용할 때 스텝형 움직임의 이상의 치수는 한 경우에는 2개이며 다른 경우에는 3개인 이유는 다음과 같다. 즉, 매우 큰 초점심도가 필요하지 않는 방법에 대하여 노출이 2개의 위치에서 실행되는 FLEX 방법은 제 6(A), 6(B)도 및 제 12(A) 내지 12(B)도에서 도시한 바와 같이 동 필터와 결합하여 이용된다. 다른 한편, 비교적 큰 초점심도가 필요한 방법에 대하여, 노출이 3개 또는 그 이상의 점에서 실행되는 FLEX 방법이 제 7(A), 7(B), 9(A), 9(B), 10(A), 10(B), 11(A), 11(B)도에서와 같이 동 필터와 결합하여 이용된다.

노출동안 웨이퍼(W)가 광학축을 따라 연속하여 움직이는 FLEX 방법이 동 필터와 결합하여 이용될 때 웨이퍼의 움직임의 양은 다음과 같이 설정된다. 즉, 매우 큰 초점 심도가 필요하지 않는 방법에 대하여 웨이퍼 움직임의 양(ΔF_2)은 상술한바와 같이 $2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$ 로 설정된다. 비교적 큰 초점 심도가 필요한 방법은 웨이퍼 움직임의 양(ΔF_2)이 상술한 것보다 더 크게 설정된다.

제 13(A)내지 13(B)도는 목적을 비교하기 위하여 통상적인 노출 방법에 FLEX 방법이 이용되지 않는 시뮬레이션의 결과를 도시하고 있다. 제 13(A)도는 제 5(A)도에 도시된 패턴의 광학 이미지를 도시하고 있으며 제 13(B)도는 제 5(B)도에 도시된 패턴의 광학 이미지를 도시하고 있다. 제 13(A) 내지 13(B)도에서는 위상형 동 필터와 FLEX 방법을 결합하여 이용하고 있지 않기 때문에 ±1㎛의 초점이 잘 맞는 위치에서 이미지(점선)는 가장 초점이 잘 맞는 위치에서 이미지(실선)와 비교하여 우수하다. 따라서, 확실한 초점심도는 통상의 이미지 형성방법으로는 얻어질 수 없음을 이해할 수 있을 것이다.

제 14(A)내지 14(B)도는 목적을 비교하기 위하여 통상적인 노출 방법에 FLEX 방법을 이용한 시뮬레이션의 결과를 도시하고 있다. 제 14(A)내지 14(B)도에 도시된 시뮬레이션에서, FLEX 방법은, 노출이 각각의 불연속위치에서 실행되며 인접 노출위치의 각각의 쌍간의 간격이 1.5㎛인 조건에서 실행된다. 제 14(A)내지 14(B)도에서 명백한 바와 같이, ±1㎛의 초점이 잘 맞는 위치에서 이미지(점선)는 가장 초점이 잘 맞는 위치에서 이미지(실선)와 밀접하게 만들어질 수 있다. 즉, 초점심도가 통상적인 노출 방법과 FLEX 방법을 결합하여 이용함에 의하여 증가될 수 있다. 그러나, 제 5(A)도에 도시된 바와 같이 각각 밀접한 홀패션의 이미지의 경우에 두 개의 홀은 분리될 수 없으며, 그에 의하여 이러한 홀의 이미지는 제 14(A)도에서 도면번호 C로 도시된 부분과 접속되며 두개의 인접 홀은 제 5(B) 도에 도시된 바와 같은 비교적 서로 멀리 떨어져 배열된 다수의 홀패턴의 이미지(제 14(A)도)의 경우에 완전히 분리된다. 이러한 이유는, 제 14(A)도의 두 홀간의 영역에서의 이미지 강도는 E번째/2와 밀접하다. 제 6(A)내지 17(B)도에서 E번째/2는, 목표하지 않는 필림 두께의 감소가 포지티브 포토레지스트에서 시작할 때 노출 양이 실제로 대응한다고 가정하자. 따라서, 단지 FLEX 방법에 대하여 두개의 홀간에 놓인 포토레지스터의 부분은 두께가 감소된다. 반대로 본 발명에 따른 방법으로 형성된 이미지(제 6(A)내지 7(B)도 및 제 9(A)내지 12(B)도에서 도시)는 두개의 홀 사이의 영역에서 충분하게 적은 양의 광선을 가지며 따라서 포토레지스트의 필림 두께가 감소된다.

제 15(A)내지 17(B)도에는 통상의 이중 초점형 동 필터(위상 콘트라스트 필터)만을 이용한 시뮬레이션의 결과가 도시되어 있다. 제 15(A)내지 17(B)도에서, 시뮬레이션 조건(NA, σ, λ 및 초점위치)이 제 6(A)내지 14(B)도와 동일하기는 하나 본 발명과는 다른 조건하에서 형성된 위상 필터가 동필터로서 이용된다. 더욱이, 제 15(A)내지 17(B)도에서, 제 5(B)도에 도시된 바와 같이 서로 멀리 떨어져 배열된 두개의 홀패턴이 이용된다.

제 15(A)내지 15(B)도에서, 진폭 투과도(t_1)는 $t_1 = -1.0$이고, 반경(r_1)은 $r_1 = 0.4r_2$인 반면 제 16(A)내지 16(B)도에서, 진폭 투과도(t_1)는 $t_1 = -1.0$이고, 반경(r_1)은 $r_1 = 0.3r_2$이다. 제 15(A)내지 16(A)도는 FLEX 방법이 결합하여 이용되지 않을 때 형성된 광학이미지를 도시하고 있다. 제 15(B)내지 16(B)도는, 노출이 상술한 바와 같이 최적화된 간격만큼 떨어져 두개의 불연속위치에서 실행되는 FLEX 방법을 결합하여 이용함에 의하여 형성된 광학 이미지를 도시하고 있다. 제 15(B)도에서 간격(ΔF_1)이 3.5㎛이고 제 15(B)도에서 간격(ΔF_1)이 2.5㎛이다.

제 15(A)내지 15(B)도에서 도시된 시뮬레이션에 이용된 동 필터는 비교적 강한 이중 초점효과(초점심도 확장효과)를 가진 통상적으로 제안된 동 필터이다. 따라서, FLEX 방법이 결합하여 이용되지 않을 때라도 ±1㎛의 초점이 안 맞는 위치에서 이미지(점선)와 가장 초점이 잘 맞은 위치에서 이미지(실선)는 제 15(A)도에 도시한 바와 같이 서로 겹쳐져 있다. 따라서, 큰 초점심도가 얻어질 수 있다. 그러나 울림은 상당히 크며 두개의 홀간에 발생한 울림은 밝은 고스트 이

미지를 형성하는 영역간에서 함께 추가된다. 결국 목표하지 않은 홀패턴은 두개의 홀 사이의 영역간으로 이동된다. 따라서 상기 동 필터는 실제로 이용할 수 없다.

제 16(A)내지 16(B)도에서, 동 필터의 반경(r_1)은 제 15(A) 내지 15(B)도에서의 경우보다 더 작다. 따라서, 제 15(A) 내지 15(B)도와 비교하여 울림은 감소하나 그 반면에 초점심도는 감소된다. 즉, 제 16(A) 도에서, ±1㎛의 초점이 안 맞는 위치에서 이미지(점선)는 가장 초점이 잘 맞는 위치에서 이미지(실선)와 비교하여 우수하다. 제 16(B) 도에서는 다른 한편 확실한 초점심도는 FLEX 방법을 결합하여 이용하기 때문에 얻어질 수 있다. 그러나, 제 16(B) 도에서, FLEX 방법을 결합하여 이용할 때조차 남아 있는 울림은 반대의 효과를 가져온다. 따라서, 가장 초점이 잘 맞는 위치에서 이미지(실선)는 두 개의 홀이 E번째/2 레벨에서 내부로 팽창하는 구조를 가진다. 따라서, 유리한 레지스터 프로파일(트랜스 패턴)은 얻어질 수 없다.

제 17(A), 17(B) 도에서는 제 15(A)내지 16(B)도의 경우와는 다른 조건으로 형성된 통상의 이중 초점형 동 필터가 이용돈 시뮬레이션의 결과가 도시되어 있다. 제 17(A) 내지 17(B)도에서, 진폭 투과도(t_1)는 $t_1 = -1.2$이고, 반경(r_1)은 $r_1 = 0.6r_2$이다. 따라서, 중심으로 초점심도를 확장하기 위한 조건으로서 흡수도는 동 필터(제 15(A)내지 16(B)도의 동 필터에서, 진폭 $t_1 = -0.2$)와 무관하다. 제 17(A) 도에서는 FLEX 방법을 결합하여 이용하지 않을 때 형성된 광학 이미지가 도시되어 있다. 제 17(B) 도에서는 FLEX 방법을 결합하여 이용할 때 형성된 광학 이미지가 도시되어 있다. 제 17(B)도에서, 노출은 광학축 방향에서 4㎛의 간격만큼 떨어진 두개의 각각의 불연속위치에서 실행된다. 제 17(A), 17(B)도에 도시된 바와 같이 울림의 효과는, 진폭 투과도(t_1)의 값이 변화할 때조차 커지며 확실한 초점심도가 얻어진다 할지라도 양호한 광학 이미지가 얻어질 수 없다. 제 15(B), 16(B), 17(B)도에 이용한 FLEX 방법에 대하여 움직임 양의 광학 값은 본 발명에 의하여 선택된다.

상술한 것과는 반대로 본 발명은, 효과가 증가된 비교적 약한 초점심도를 가진 동 필터를 이용하며 그와 결합하여 이용된 FLEX 방법의 조건으로 형성된 동 필터를 최적화한다. 따라서, 제 6(A)내지 7(B)도, 그리고 제 9(A) 내지 12(B)도에 이미 도시된 바와 같이 서로 밀접하게 있는 개선된 홀 이미지의 분해능, 충분히 감소된 울림, 그리고 충분히 커진 초점심도를 가진 극히 우수한 투영 노출 장치를 얻을 수 있다.

상기 실시예에서, 동 필터는 투명기판의 일부분상에 위상 시프트를 증착함에 의하여 형성되는 바, 그에 의하여 중심 투광전송부(FA)의 진폭 투과도(t_1)는 상술한 조건을 만족하도록 최적화된다. 다른 실시예에서는 투명기판의 전체 표면상에 위상 시프트를 증착하며, 중심 환형투광부(FA)와 외측 환형투광부(FB)간의 필림의 두께에 차이를 둔다. 이러한 경우에, 투광부(FA,FB)의 진폭 투과도는 최적화시에 파라미터로 이용된다.

상기 실시예에서, 레티클상의 접촉홀 패턴은 웨이퍼의 측정단위로 0.3에서 0.3㎛ 제곱이다. 즉, 1/5감소 시스템의 경우, 레티클상의 1.5에서 1.5㎛ 제곱인 접촉홀 패턴은 웨이퍼상의 0.3에서 0.3㎛제곱인 패턴으로 이동된다. 그러나, 레티클 패턴의 크기는 웨이퍼상의 측정단위로서 목표한 크기일 필요는 없다. 예컨대, 레티클 상의 2에서 2㎛제곱이며 웨이퍼의 측정단위인 0.4에서 0.4㎛제곱인 홀패턴은 웨이퍼에서 0.3에서 0.3㎛제곱인 패턴으로 이동된다.

부수적으로, 본 발명에 이용된 FLEX 방법에서 웨이퍼(W)와 투영 광학장치의 표면에 형성된 이미지간의 상대 움직임의 양(ΔF_1, ΔF_2)은 상술한 바와 같이 완전히 제한되지는 않는다. 실제로, 특정하게 형성된 실제 이미지는 상기 조건에 의하여 결정된 ΔF_1과 ΔF_2에대한 ±10%의 허용 오차에 의해 결정된 범위내에서 얻어진다. (즉, $0.9\Delta F_1$에서 $1.0\Delta F_1$: $0.9\Delta F_2$에서 $1.1\Delta F_2$의 범위임). 예컨대, 움직임의 양인 ΔF_2는 다음의 범위에서 결정된다.

$$0.9\times\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})\leq\Delta F_1\leq 1.1\times\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

웨이퍼가 상술한 바와 같이 변화하는 상기 방법에서, 또는 일본 특허(KOKAI) 제 05-13305 호, 미합중국 특허 제 5,255,050 호에 제안된 방법에서 움직임의 양은 상술한 증폭의 변화에 대하여 약 ±10%의 허용오차에 의하여 결정된 범위내에서 설정된다.

더욱이, 본 발명에 따른 투영 노출 장치는 일본 특허(KOKAI) 제 04-136854 호와 제 04-162039 호에 기재된 에지 강조 위상 시프트 레티클, 하프톤 위상 시프트 레티클등과 결합하여 이용될 수 있다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

조사광으로 패턴을 가진 마스크를 조사하기 위한 조사장치 및 감광성 기판상에 상기 패턴 상을 투영하기 위한 투영 광학장치를 구비하는 투영 노광장치에 있어서,

광의 두 진폭이 상호 다른 신호를 가지도록 하는 광학 필터를 포함하는데, 상기 광의 두 진폭중 하나는 상기 광이 반경 r_1의 원형 영역을 통과할 때 형성되며, 상기 원형 영역의 중심은 상기 투영 광학장치의 광축에 위치하고, 상기 원형 영역은 마스크 및 감광성 기판 사이의 광학 경로에서 푸리에 변환 평면상에 또는 인접한 평면상에 위치하고, 상기 광의 두 진폭중 다른 하나는 상기 광이 상기 원형 영역의 외부에 위치하는 외부 영역을 통과할 때 형성되며;

상기 반경 r_1과 상기 원형 영역을 통과하는 상기 광의 상기 하나의 진폭 대 상기 외부 영역을 통과하는 상기 광의 상기 다른 하나의 진폭의 비 t는다음 조건을 만족하고:

$$0.85\times(0.34 + 0.12t)\leq r_1/r_2 \leq 1.15\times(0.34 + 0.12t)$$

여기서, r_2는 상기 투영 광학장치의 동면의 반경인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 투영 노광장치는 상기 마스크 패턴이 상기 감광성 기판상에 투영될 때, 상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판이 상기 투영 광학장치의 상기 광축을 따라 서로에 대해 이동하도록 하는 이동가능 부재를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 투영 노광장치는 상기 광학 필터가 상기 광학 경로내로 삽입되거나 또는 상기 광학 경로로부터 제거되도록 하며 투명 평면-평행 플레이트가 이동되도록 하는 교환소자를 더 포함하며, 상기 투명 평면-평행 플레이트는 상기 광학 필터와 동일한 광학 두께를 가지고, 상기 광학 필터가 상기 광학 경로로부터 제거될 때 상기 푸리에 변환 평면상에 또는 인접하여 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 4.

제3항에 있어서, 상기 광학 필터는 다수이고, 상기 광학 필터 각각은 상기 원형 영역의 반경 r_1이 서로 다르며, 상기 교환 소자에 의하여 상기 푸리에 변환 평면상에 또는 인접하여 선택적으로 위치하는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 5.

제2항에 있어서, 상기 이동가능 부재에 의하여 상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판이 상기 광축 방향으로 서로에 대해 단계적으로 다음의 식만큼 복수의 불연속 위치로 이동하게 되며,

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

여기서, λ는 상기 조사광의 파장이고, NA는 상기 감광성 기판측에서의 상기 투영 광학장치의 개구수인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 6.

제2항에 있어서, 상기 이동가능 부재에 의하여 상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판이 상기 광축 방향으로 서로에 대해 적어도 다음의 식만큼 연속적으로 이동하게 되며,

$$2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

여기서, λ는 상기 조사광의 파장이고, NA는 상기 감광성 기판측에서의 상기 투영 광학장치의 개구수인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 7.

제1항에 있어서, 상기 이동가능 부재는 상기 감광성 기판을 유지하기 위한 스테이지인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 8.

제1항에 있어서, 상기 이동가능 부재는 상기 투영 광학장치인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 9.

마스크상에 형성된 패턴의 상을 감광성 기판상에 투영하기 위한 투영 광학장치를 구비하는 투영 노광장치에 있어서,

상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판을 상기 투영 광학장치의 광축을 따라 서로에 대해 적어도 다음의 식만큼 이동시키는 이동 소자를 포함하며,

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

또는

$$2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

여기서, λ는 상기 마스크를 조사광의 파장이고, NA는 상기 감광성 기판측에서의 상기 투영 광학장치의 개구수인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 10.

제9항에 있어서, 상기 투영 노광장치는 상기 투영 광학장치내의 푸리에 변환 평면상에 또는 인접하여 위치하고, 상기 광학 필터는 다른 진폭 투과율을 가진 다수의 영역을 구비하는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 11.

제10항에 있어서, 상기 광학 필터의 상기 다수의 영역은 중심이 상기 투영 광학장치의 광축에 위치하는 원형 영역 및 상기 원형 영역의 외부에 위치하는 외부 영역을 구비하며, 상기 원형 영역을 통과하는 광의 진폭 신호 및 상기 외부 영역을 통과하는 광의 진폭 신호는 서로 다른 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 12.

제11항에 있어서, 상기 광학 필터는 상기 원형 영역의 반경 r_1 및 상기 원형 영역을 통과하는 상기 광의 진폭 대 상기 외부 영역을 통과하는 상기 광의 진폭의 비 t가 다음 조건을 만족하도록 한정되며:

$0.85\times(0.34 + 0.12t)\leq r_1/r_2 \leq 1.15\times(0.34 + 0.12t)$

여기서, r_2 는 상기 투영 광학장치의 동면의 반경인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 13.

제10항에 있어서, 상기 이동 소자는 상기 감광성 기판을 유지하며 상기 투영 광학장치의 광축을 따라 이동 가능한 스테이지를 포함하는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 14.

제10항에 있어서, 상기 이동 소자에 의하여 상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판이 상기 광축 방향으로 서로에 대해 단계적으로 $\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$ 만큼 복수의 불연속 위치로 이동하게 되는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 15.

제10항에 있어서, 상기 이동가능 부재에 의하여 상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판이 상기 광축 방향으로 서로에 대해 적어도 $2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$ 만큼 연속적으로 이동하게 되는 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 16.

마스크상의 패턴의 상을 투영 광학장치를 통해 감광성 기판상에 투영 및 형성하는 노출 방법에 있어서,

상기 패턴의 상이 상기 투영 광학장치를 통해 상기 감광성 기판상에 투영 및 형성될 때, 상기 투영 광학장치의 상-형성 평면 및 상기 감광성 기판을 상기 투영 광학장치의 광축을 따라 서로에 대해 적어도 다음의 식만큼 이동시키는 이동 소자를 포함하며,

$$\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

또는

$$2\lambda/(1-\sqrt{1-NA^2})$$

여기서, λ는 상기 마스크를 조사 광의 파장이고, NA는 상기 감광성 기판측에서의 상기 투영 광학장치의 개구수인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

청구항 17.

제16항에 있어서, 상기 방법은 광학 필터를 상기 투영 광학장치내의 푸리에 변환 평면상에 또는 인접하게 위치시키는 단계를 더 포함하는데, 상기 광학 필터는 다른 진폭 투과율을 가진 다수의 영역을 구비하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 18.

제17항에 있어서, 상기 광학 필터의 상기 다수의 영역은 중심이 상기 투영 광학장치의 광축에 위치하는 원형 영역 및 상기 원형 영역의 외부에 위치하는 외부 영역을 구비하고,

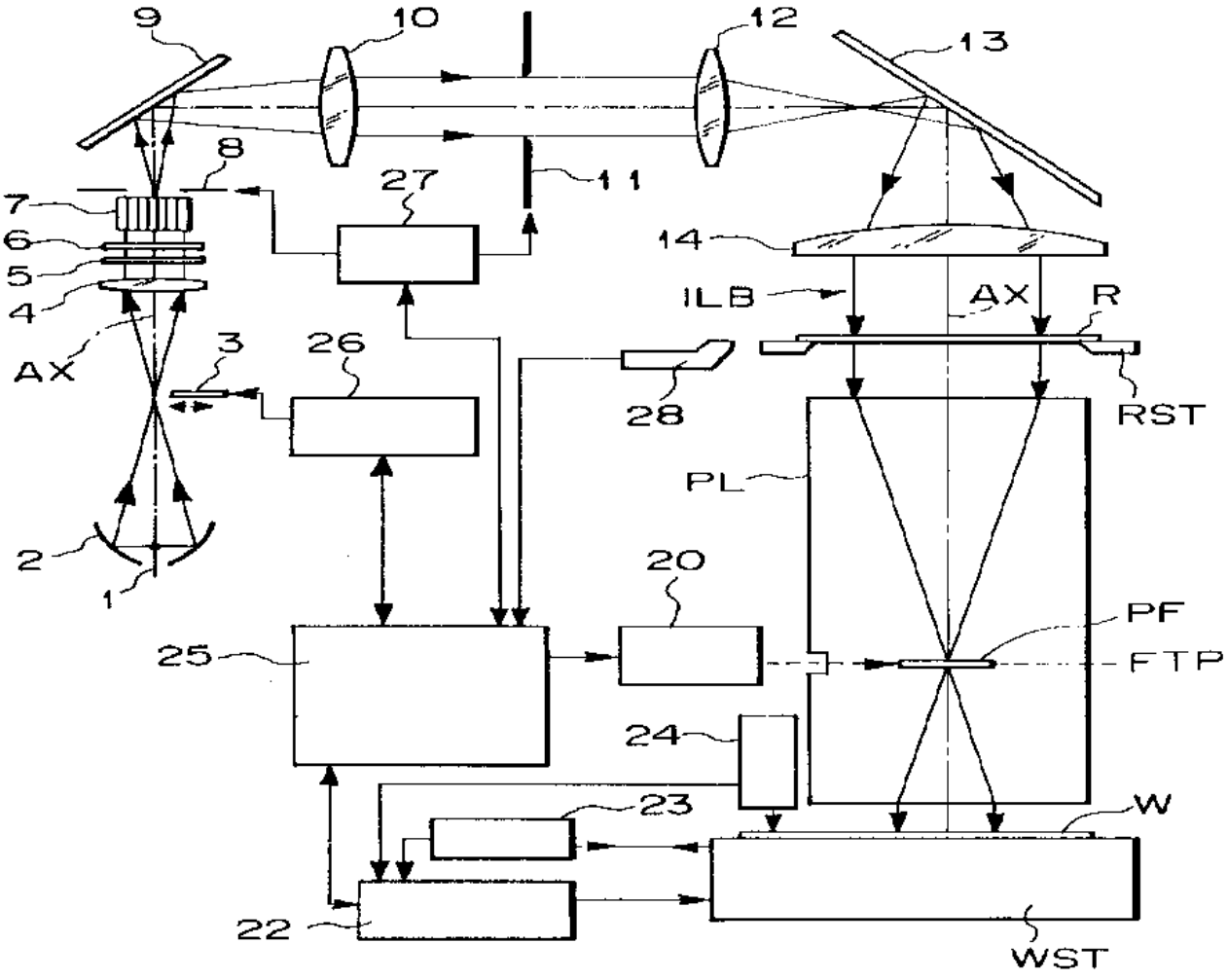
상기 원형 영역의 반경 r_1 및 상기 원형 영역을 통과하는 상기 광의 진폭 대 상기 외부 영역을 통과하는 상기 광의 진폭의 비 t는 다음의 조건을 만족하도록 한정되며:

$$0.85\times(0.34 + 0.12t)\leq r_1/r_2\leq 1.15\times(0.34 + 0.12t)$$

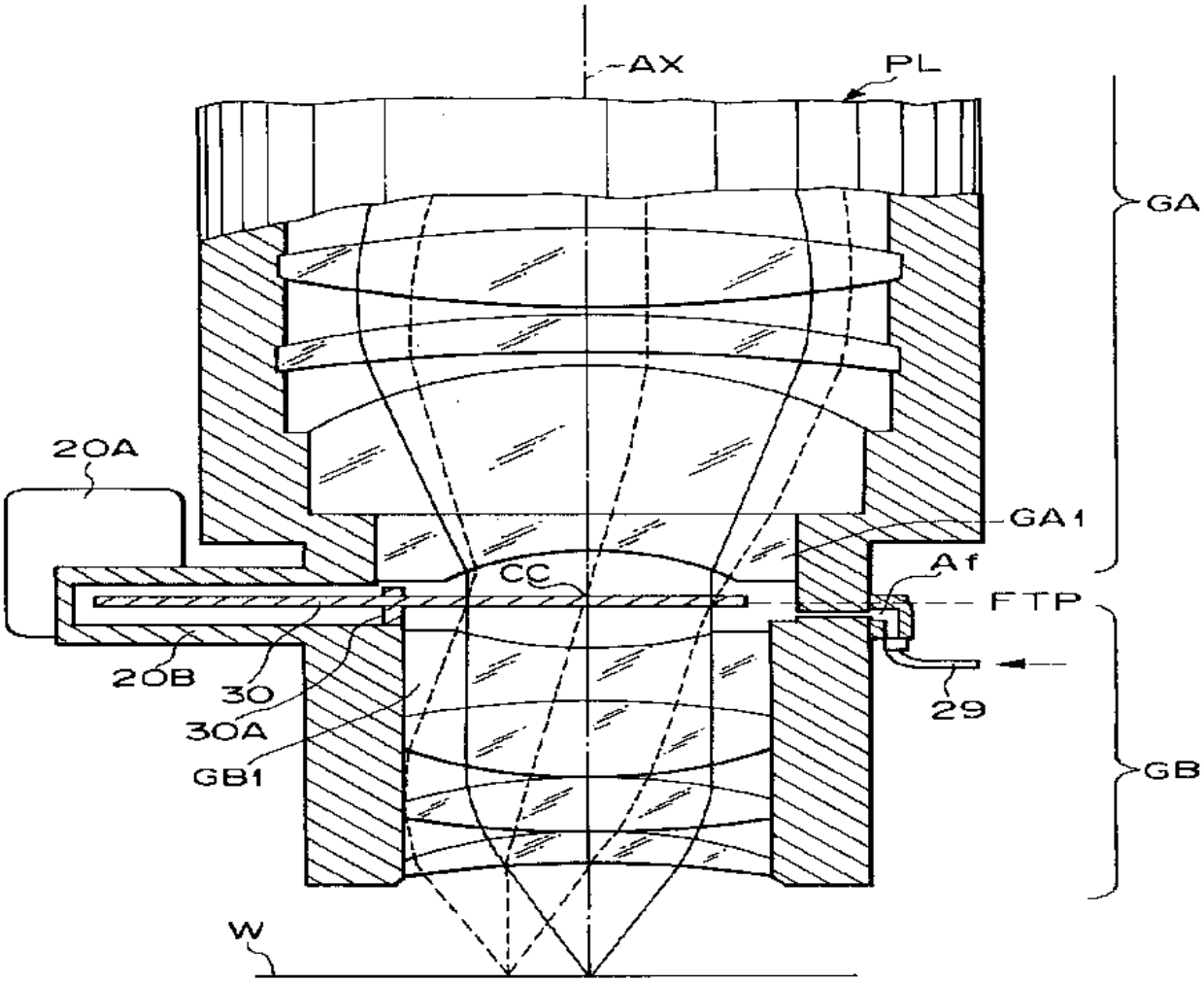
여기서, r_2 는 상기 투영 광학장치의 동면의 반경인 것을 특징으로 하는 투영 노광장치.

도면

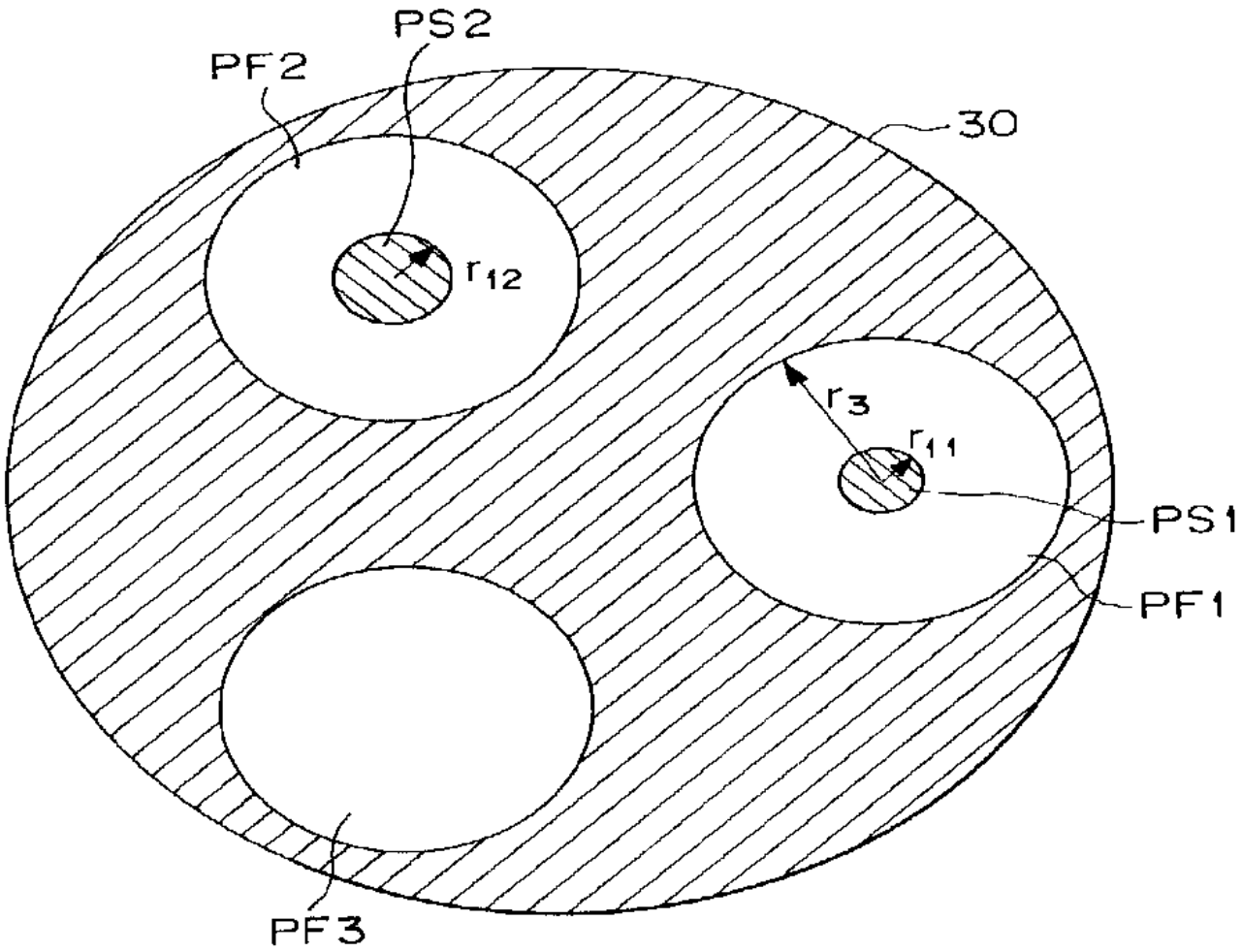
도면 1



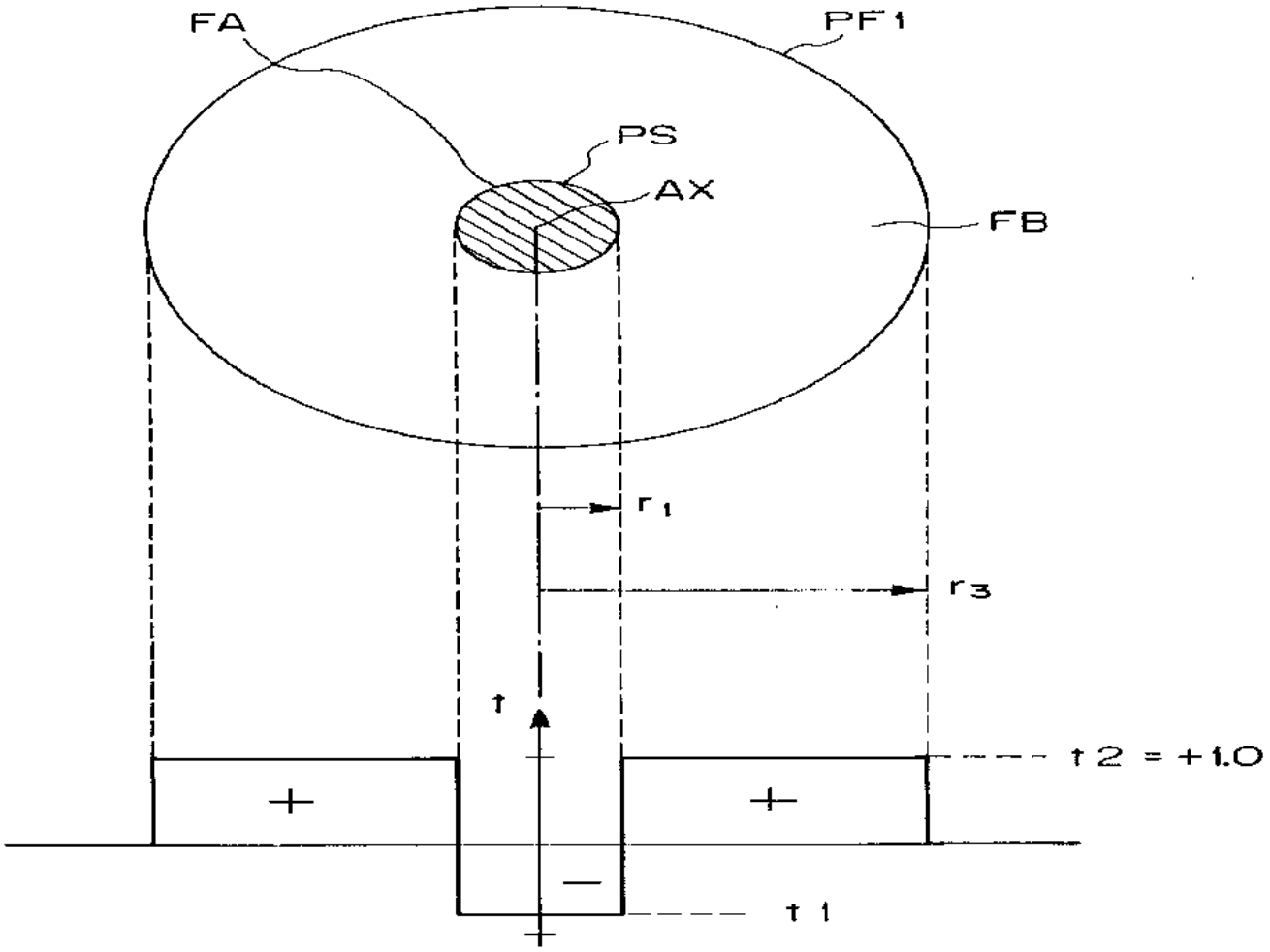
도면 2



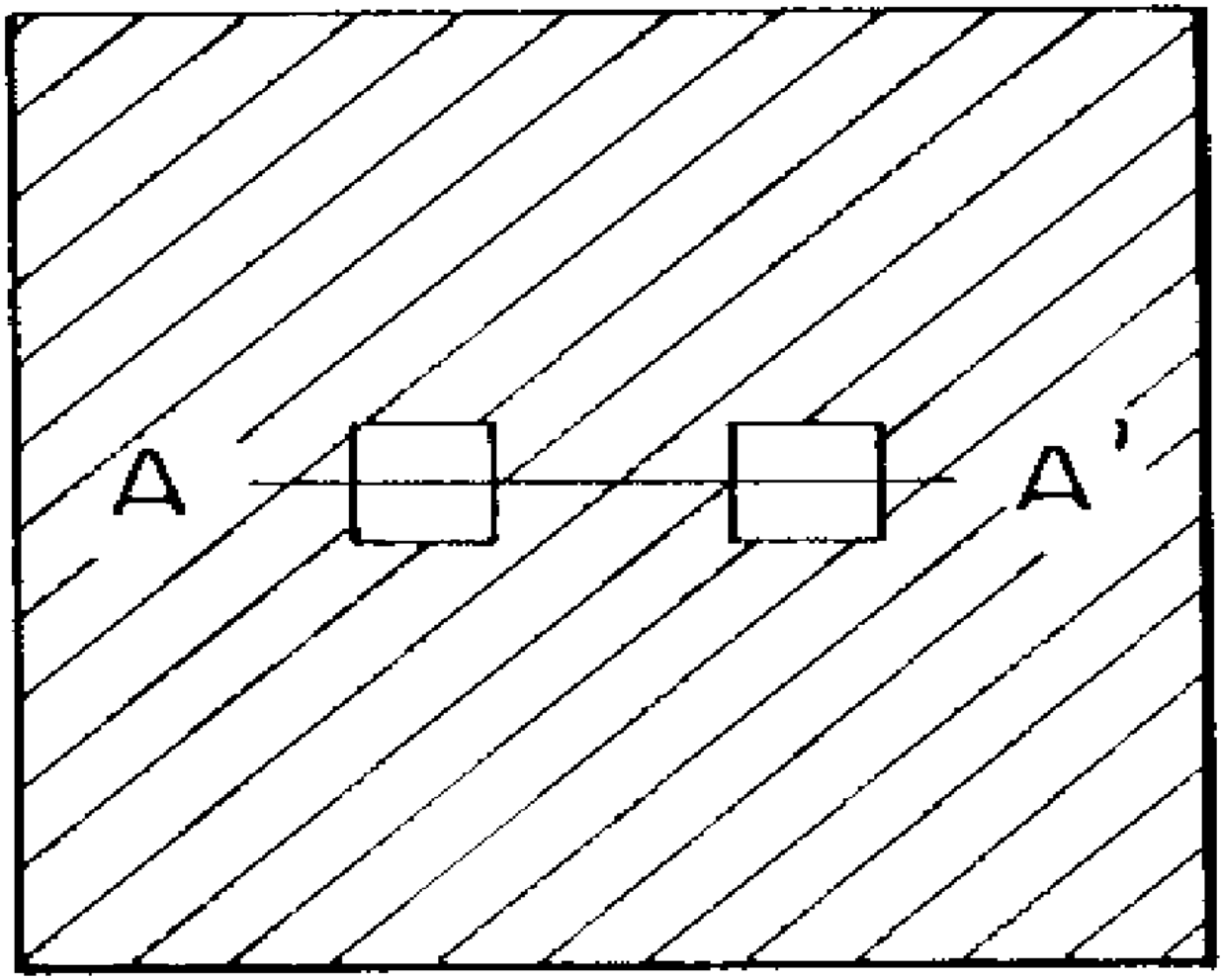
도면 3



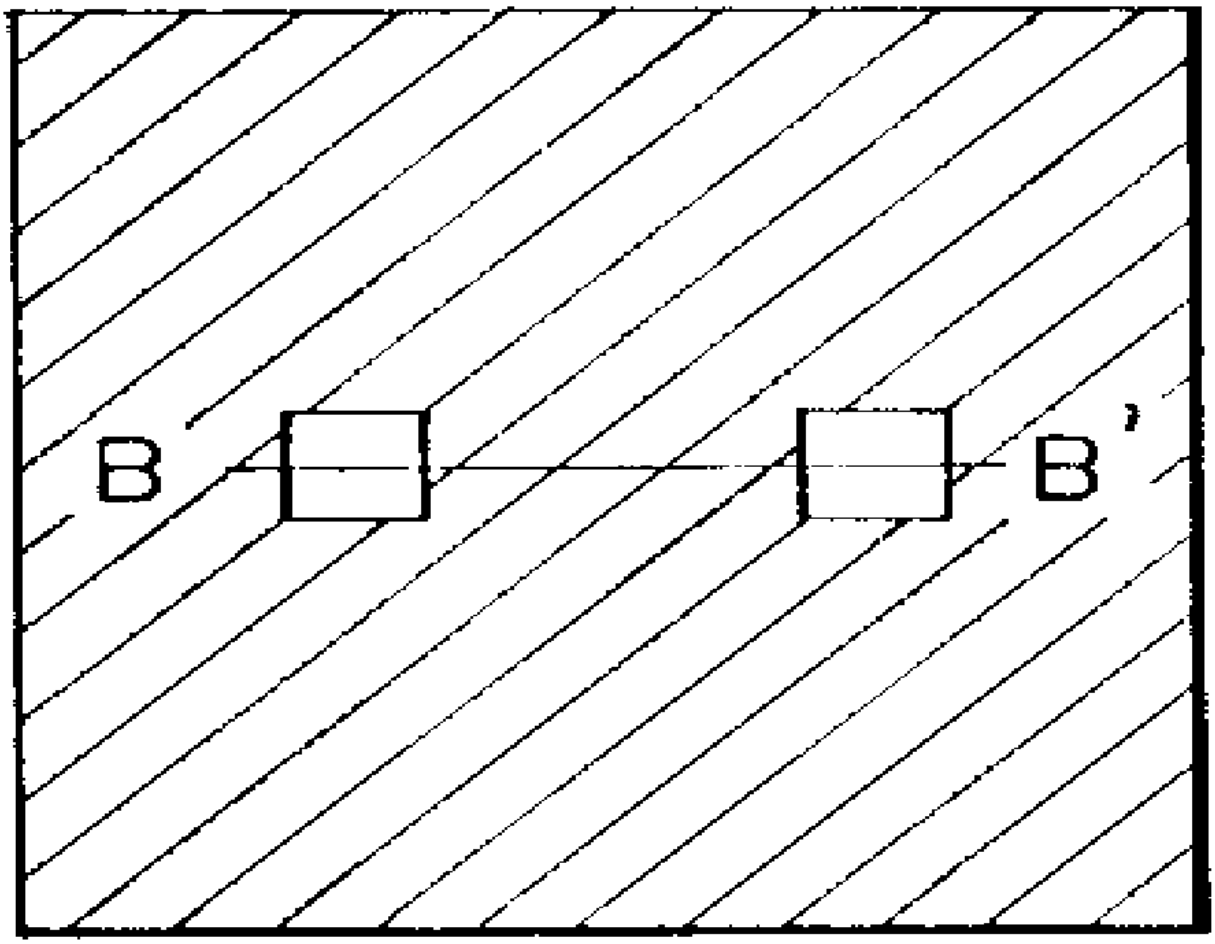
도면 4



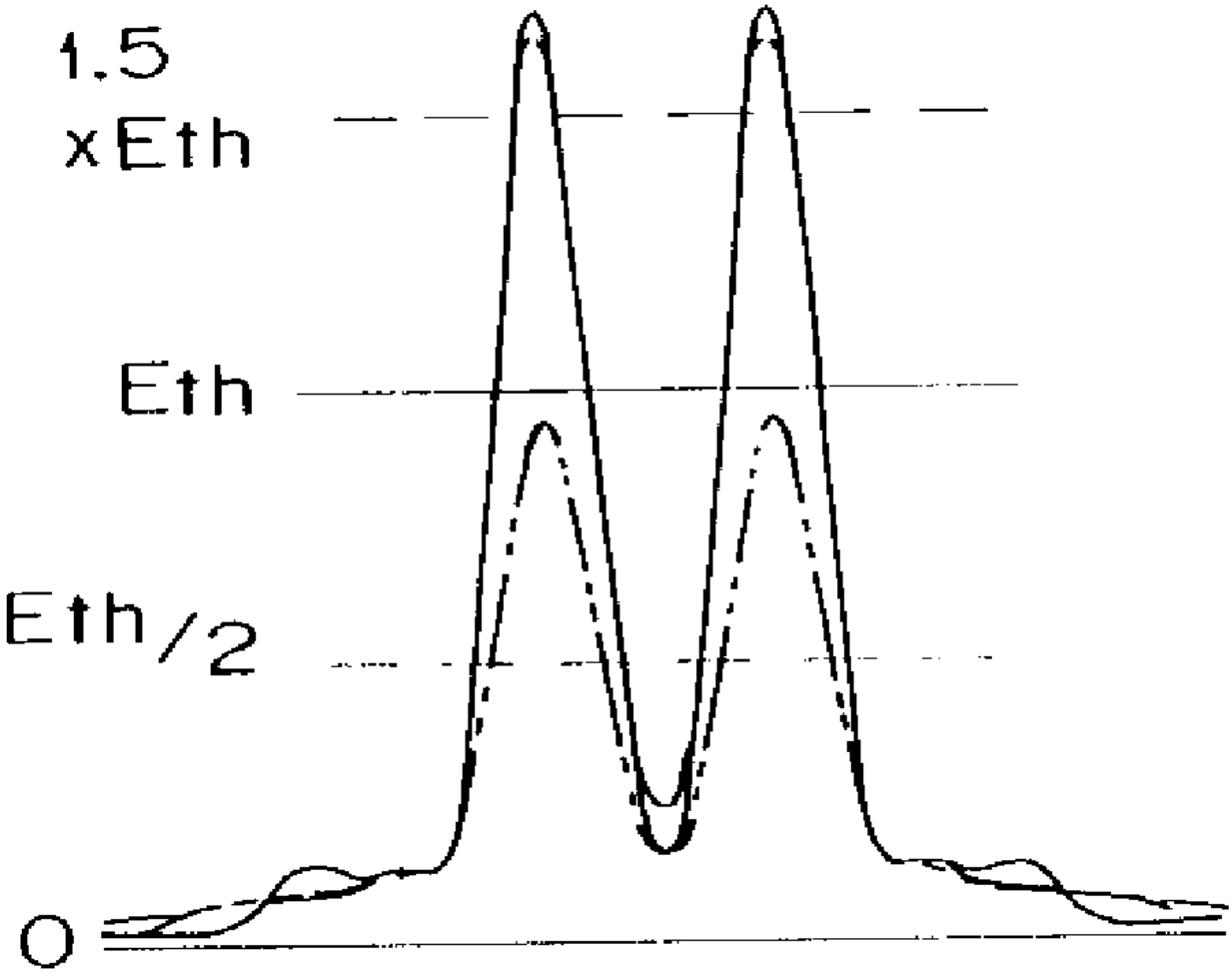
도면 5a



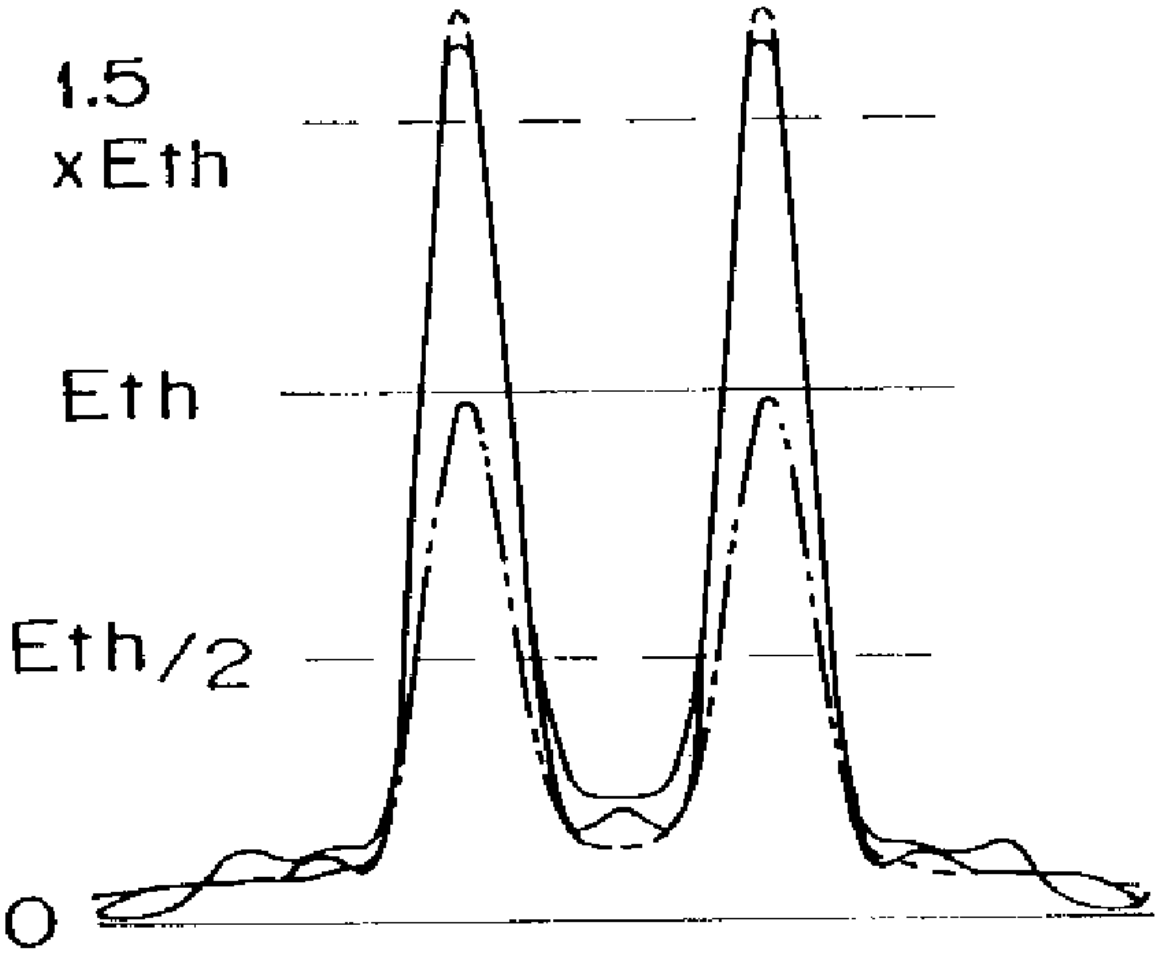
도면 5b



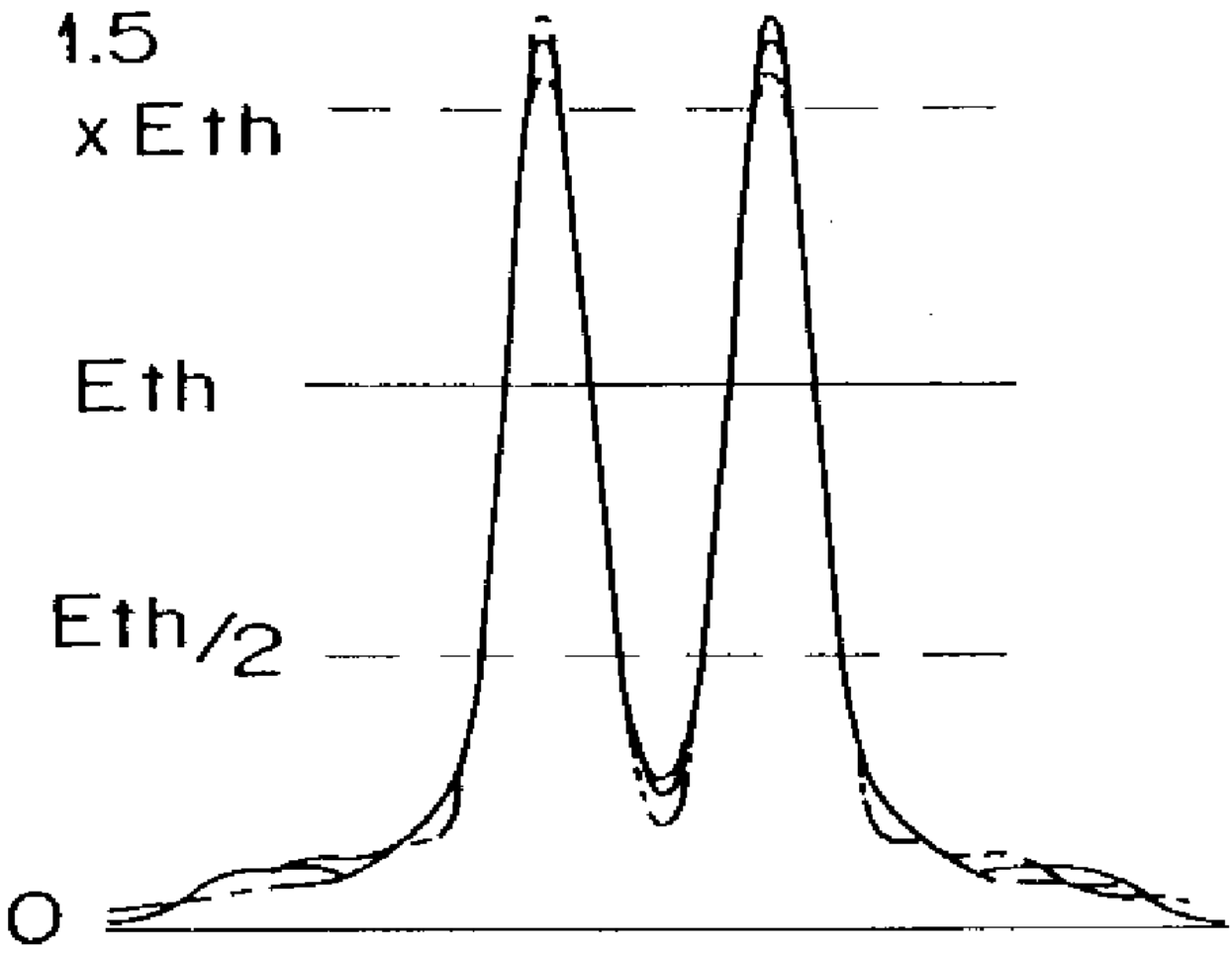
도면 6a



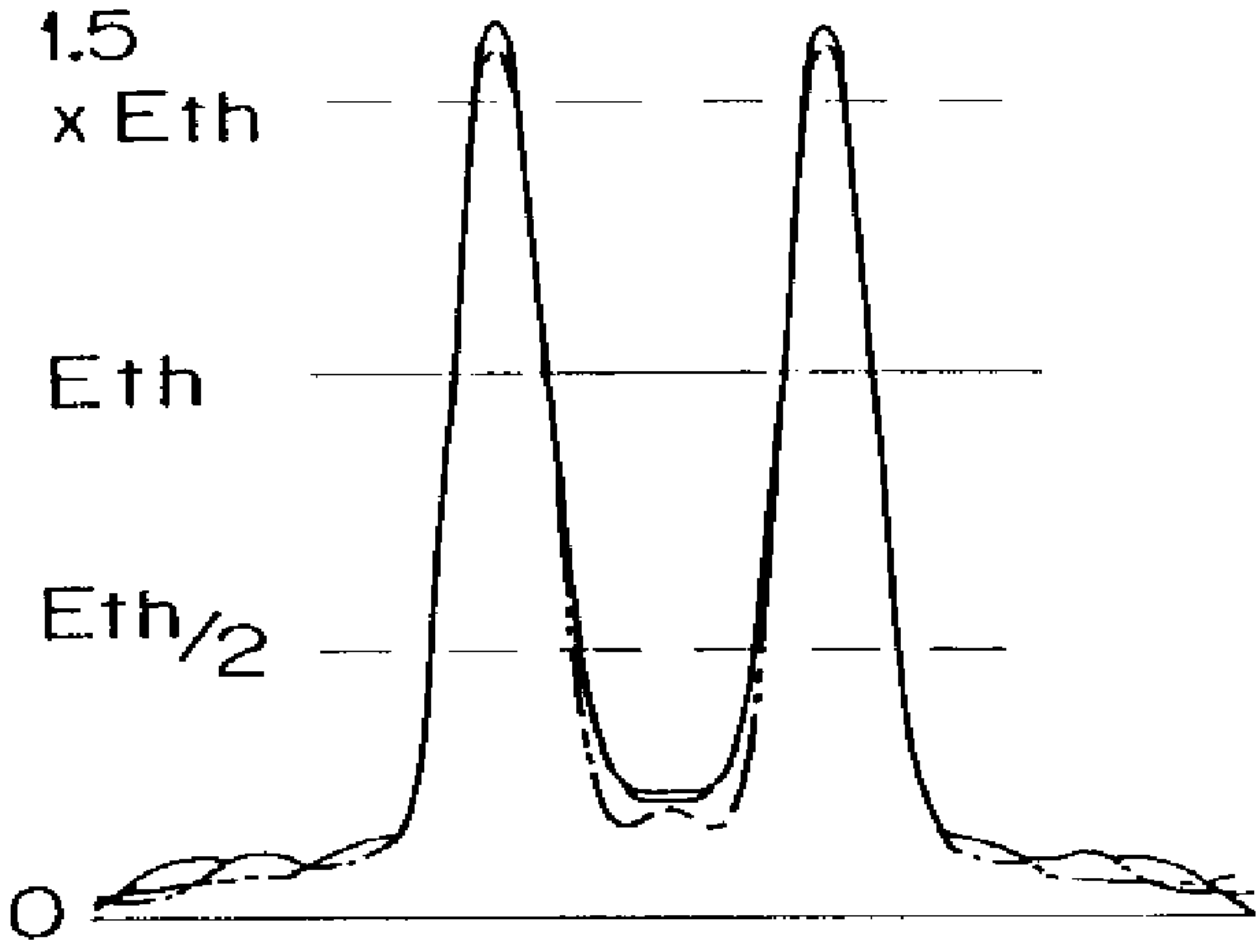
도면 6b



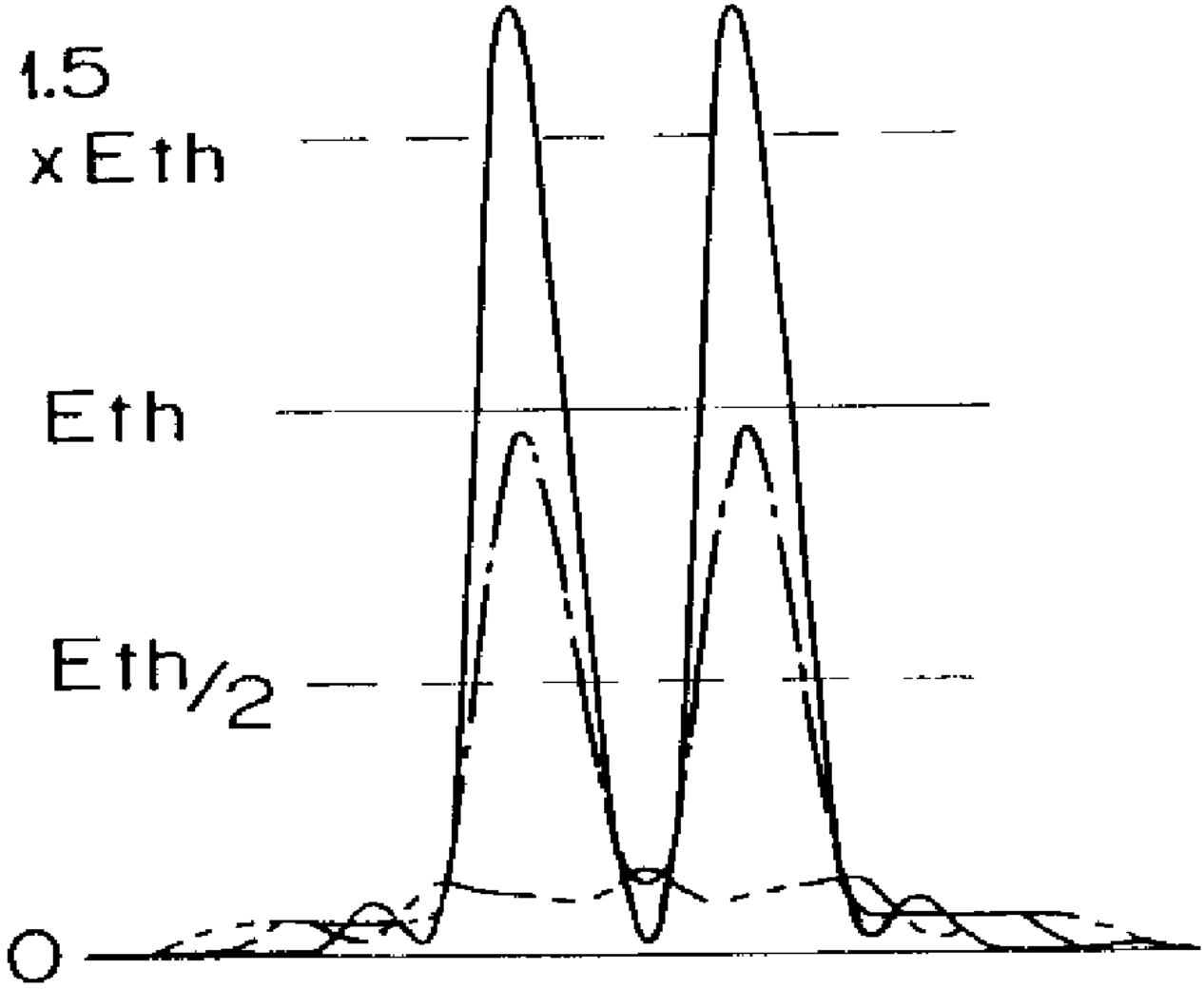
도면 7a



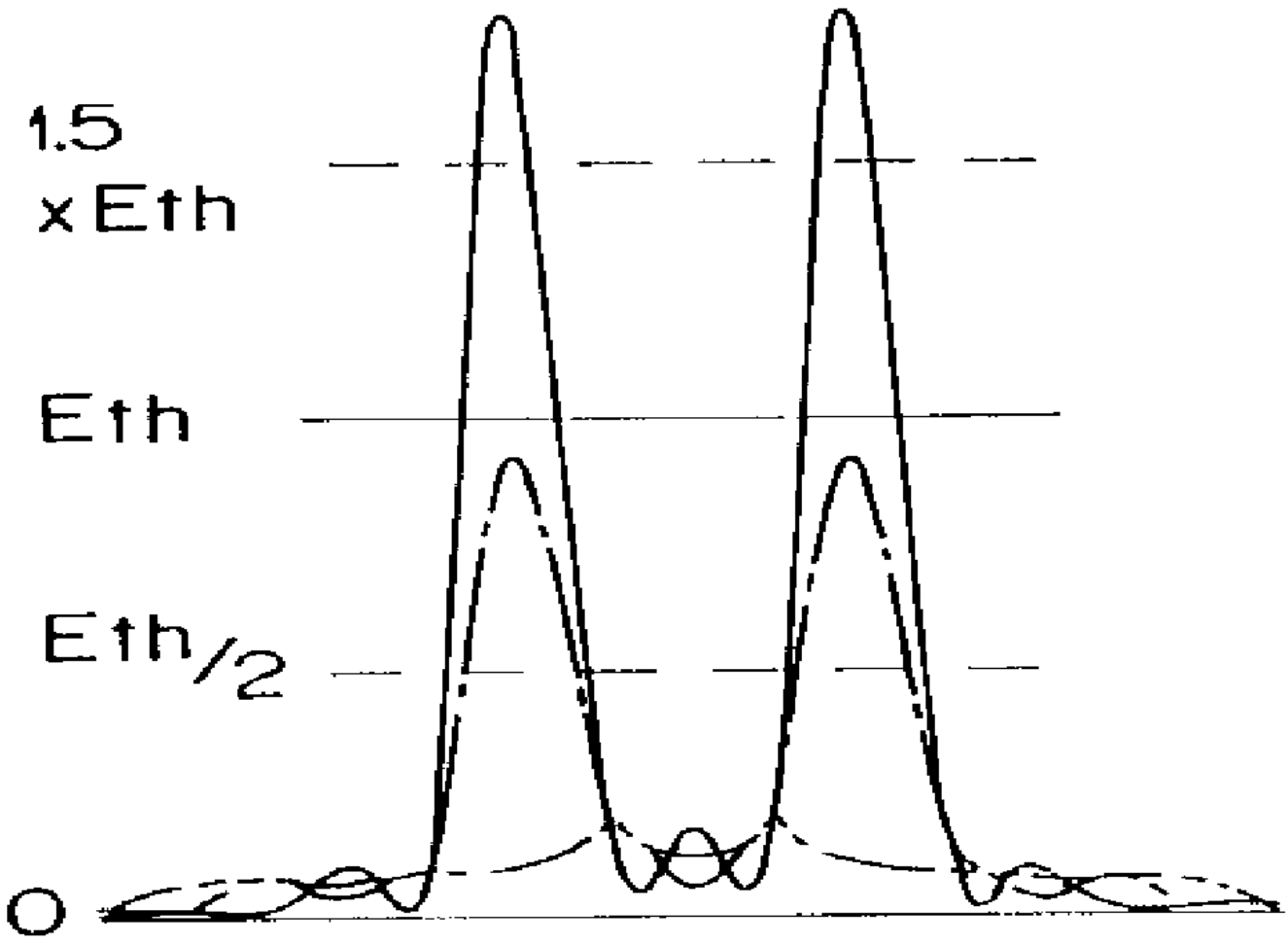
도면 7b



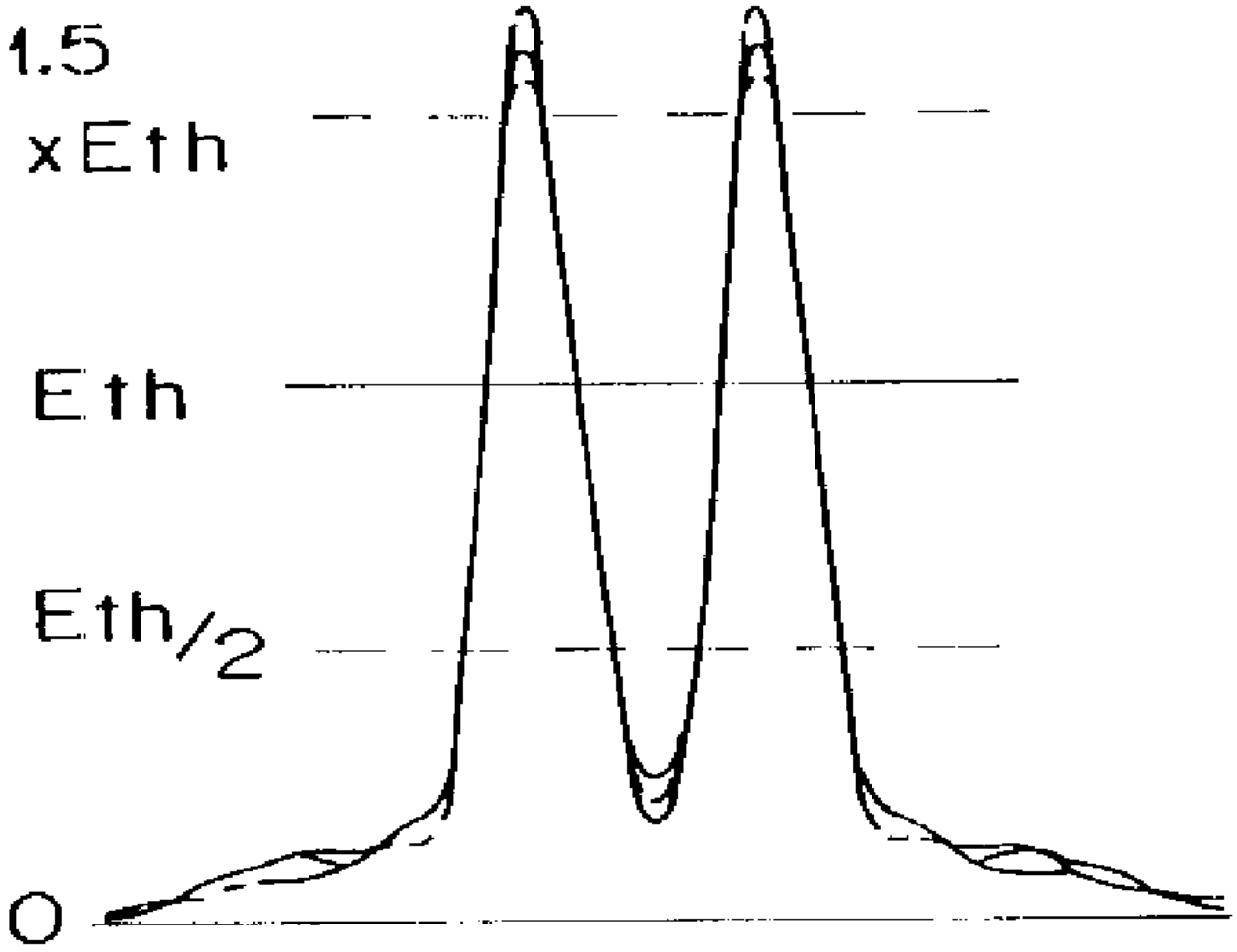
도면 8a



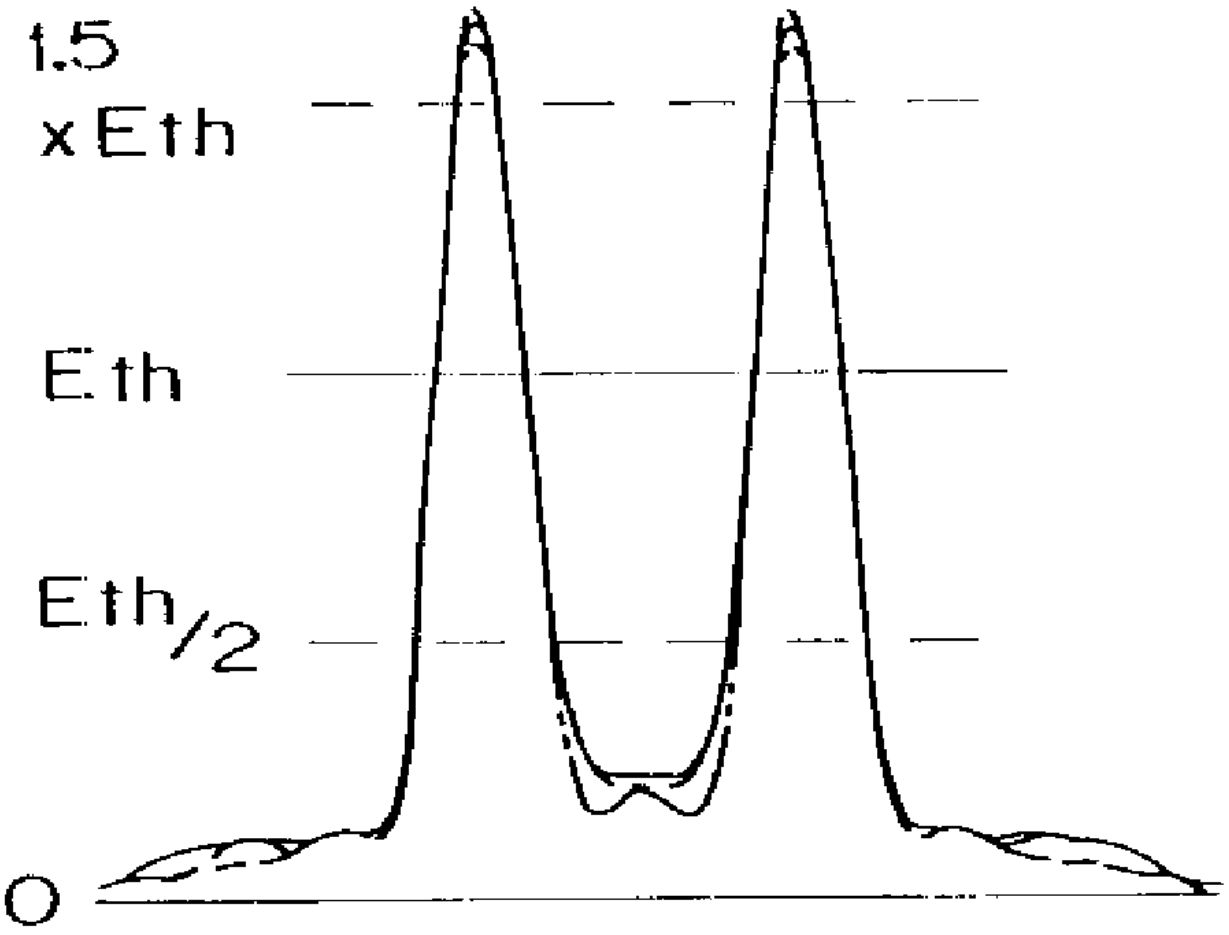
도면 8b



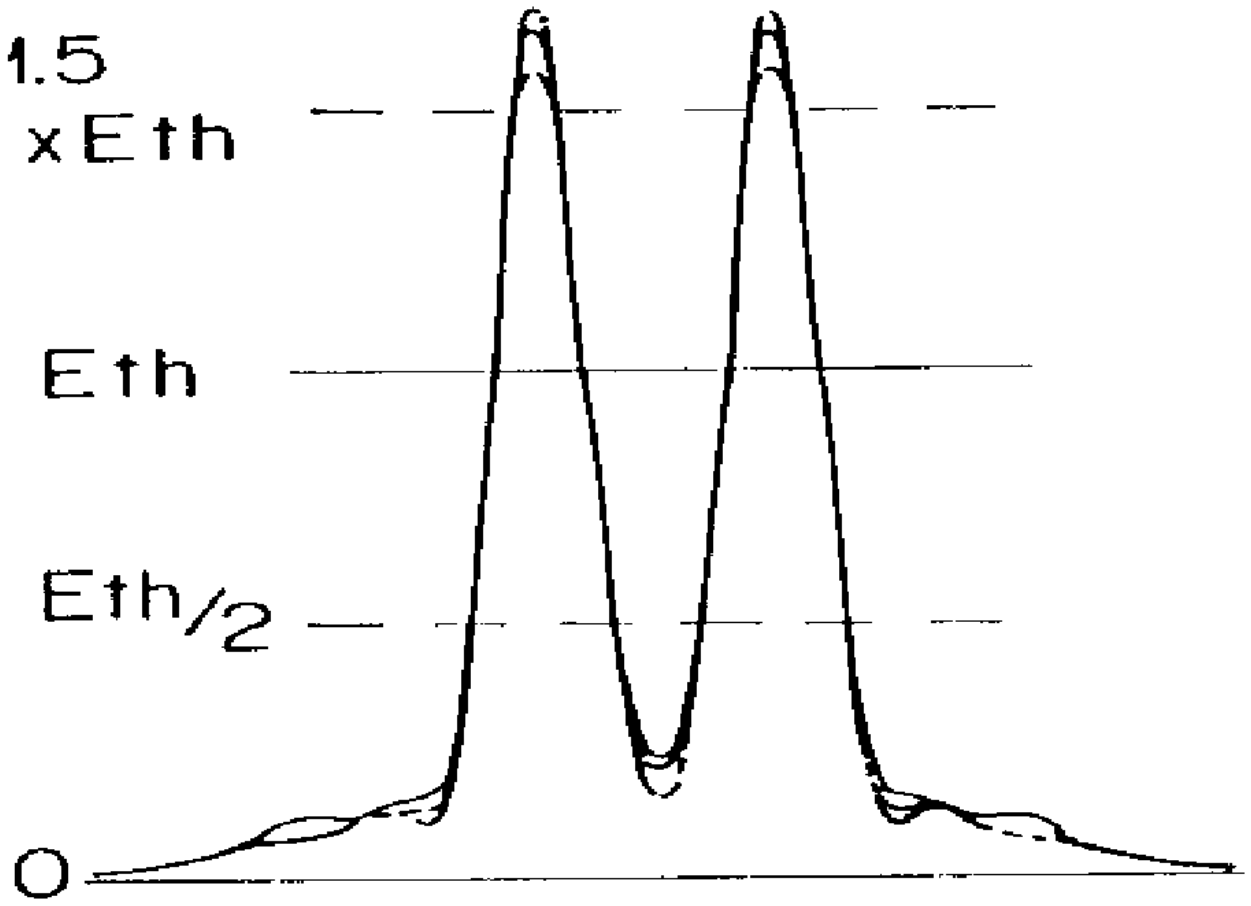
도면 9a



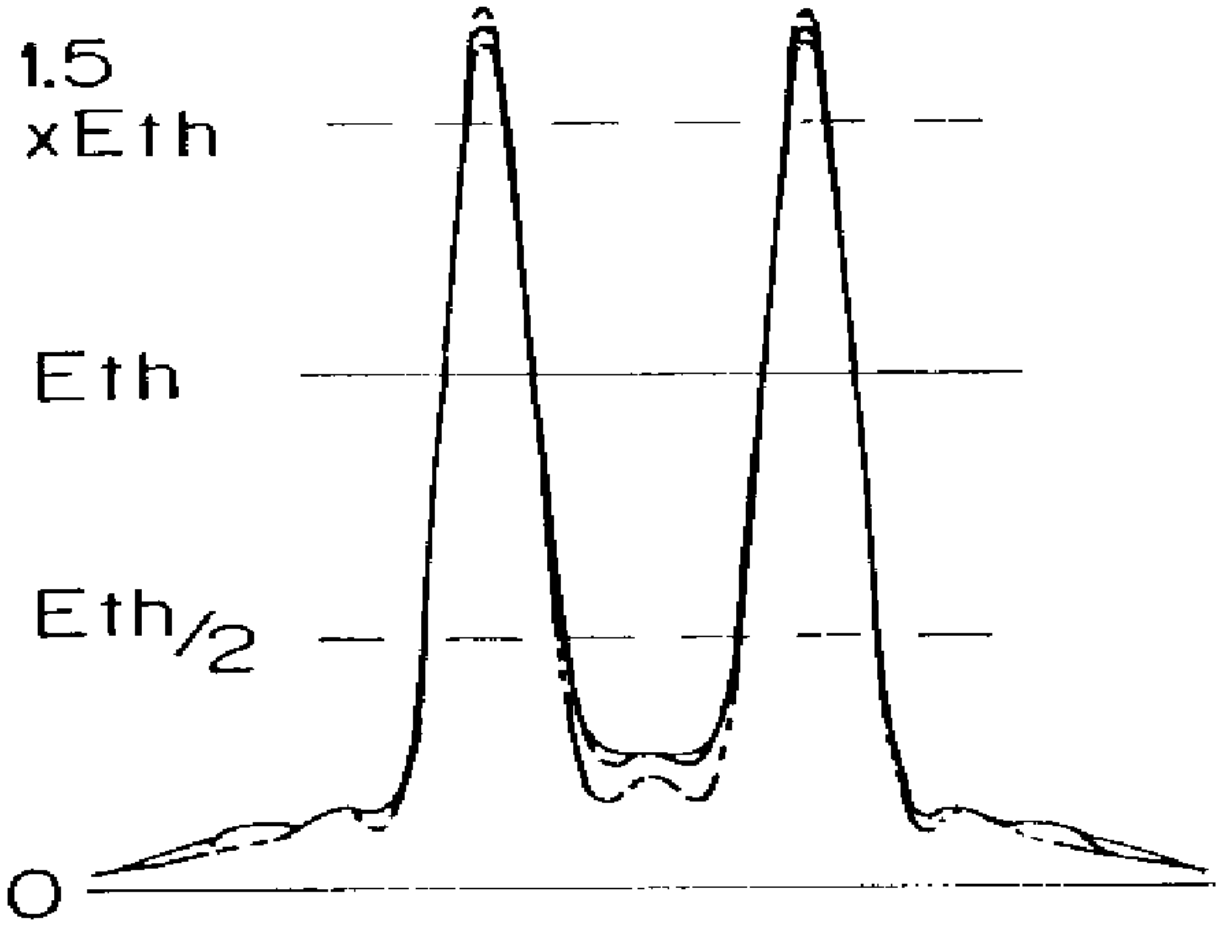
도면 9b



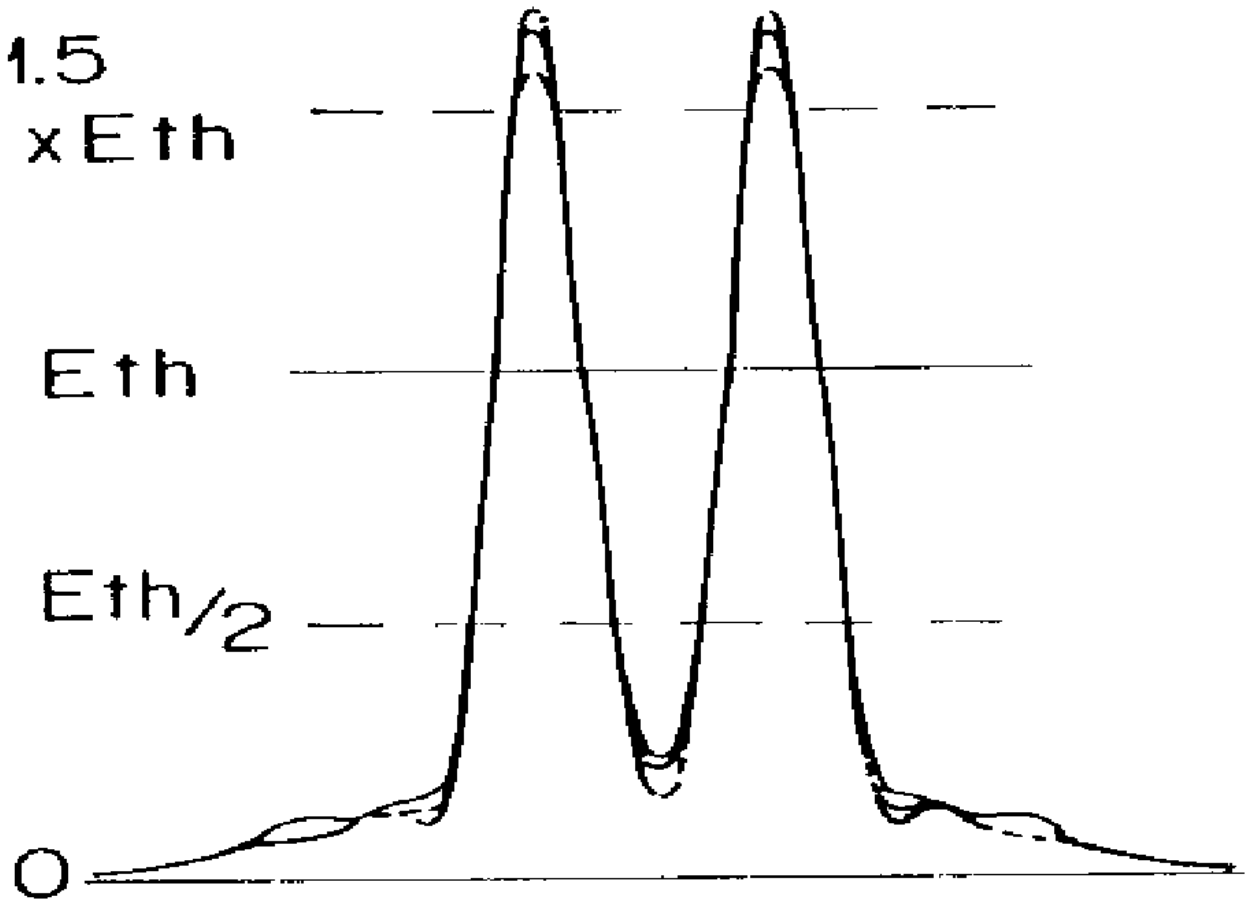
도면 10a



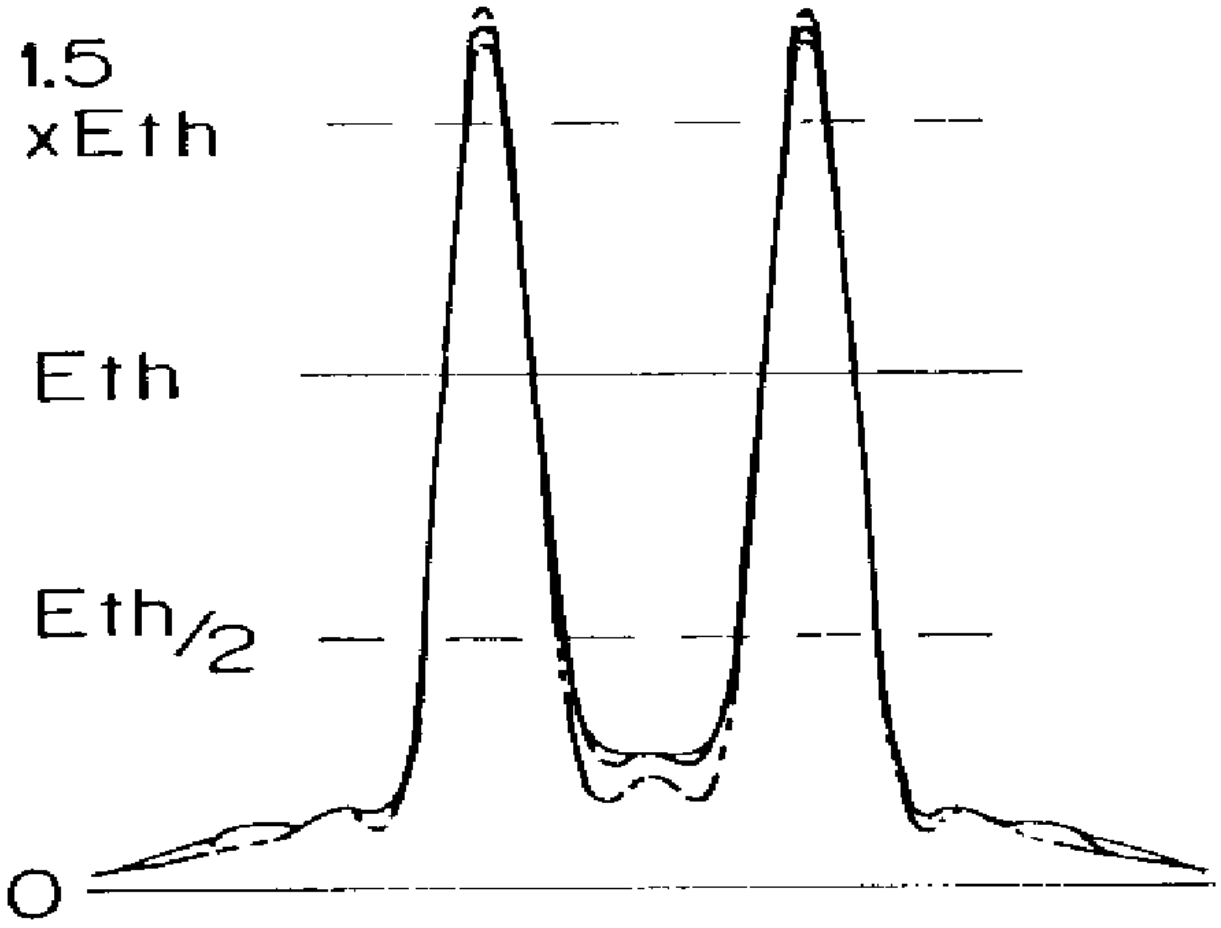
도면 10b



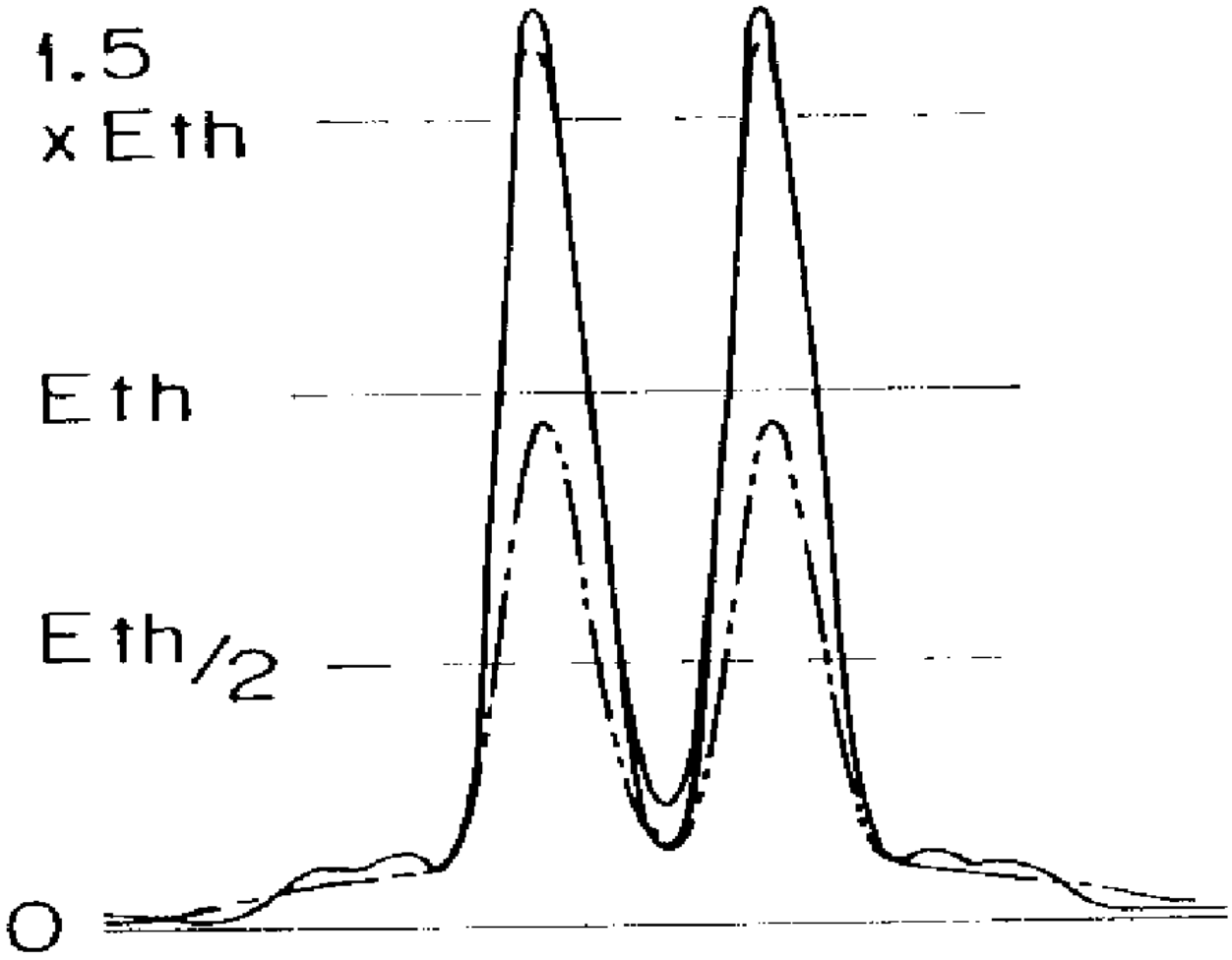
도면 11a



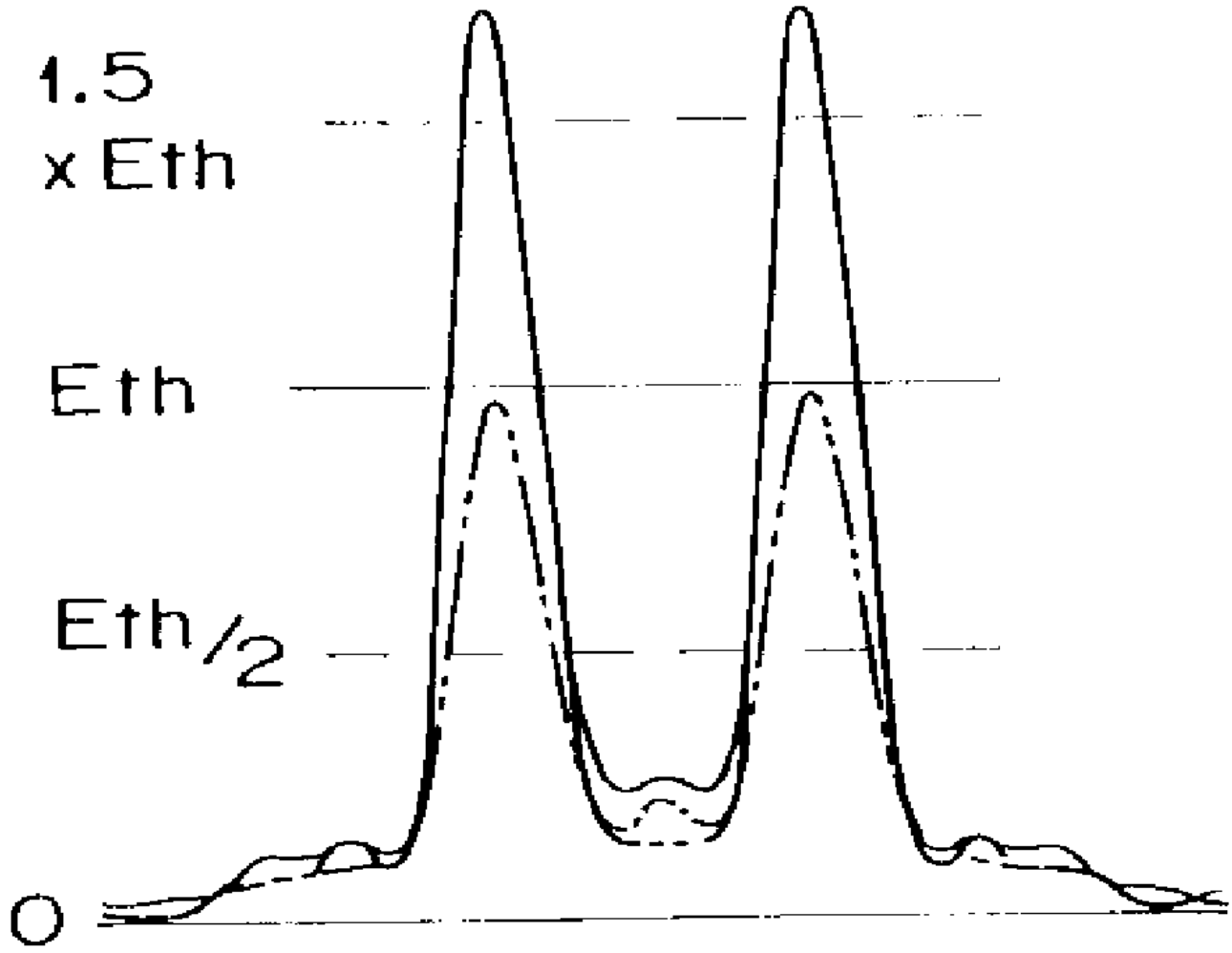
도면 11b



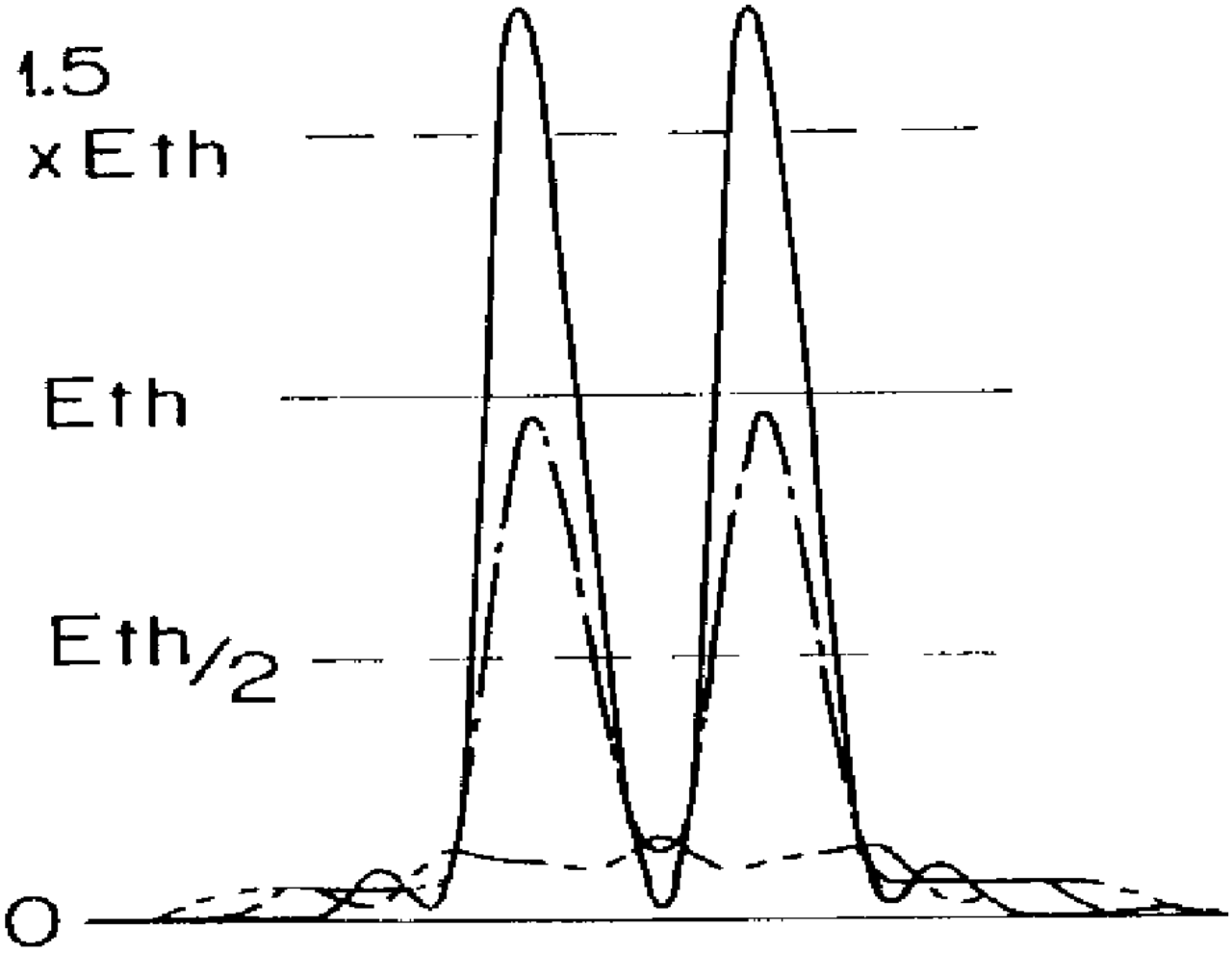
도면 12a



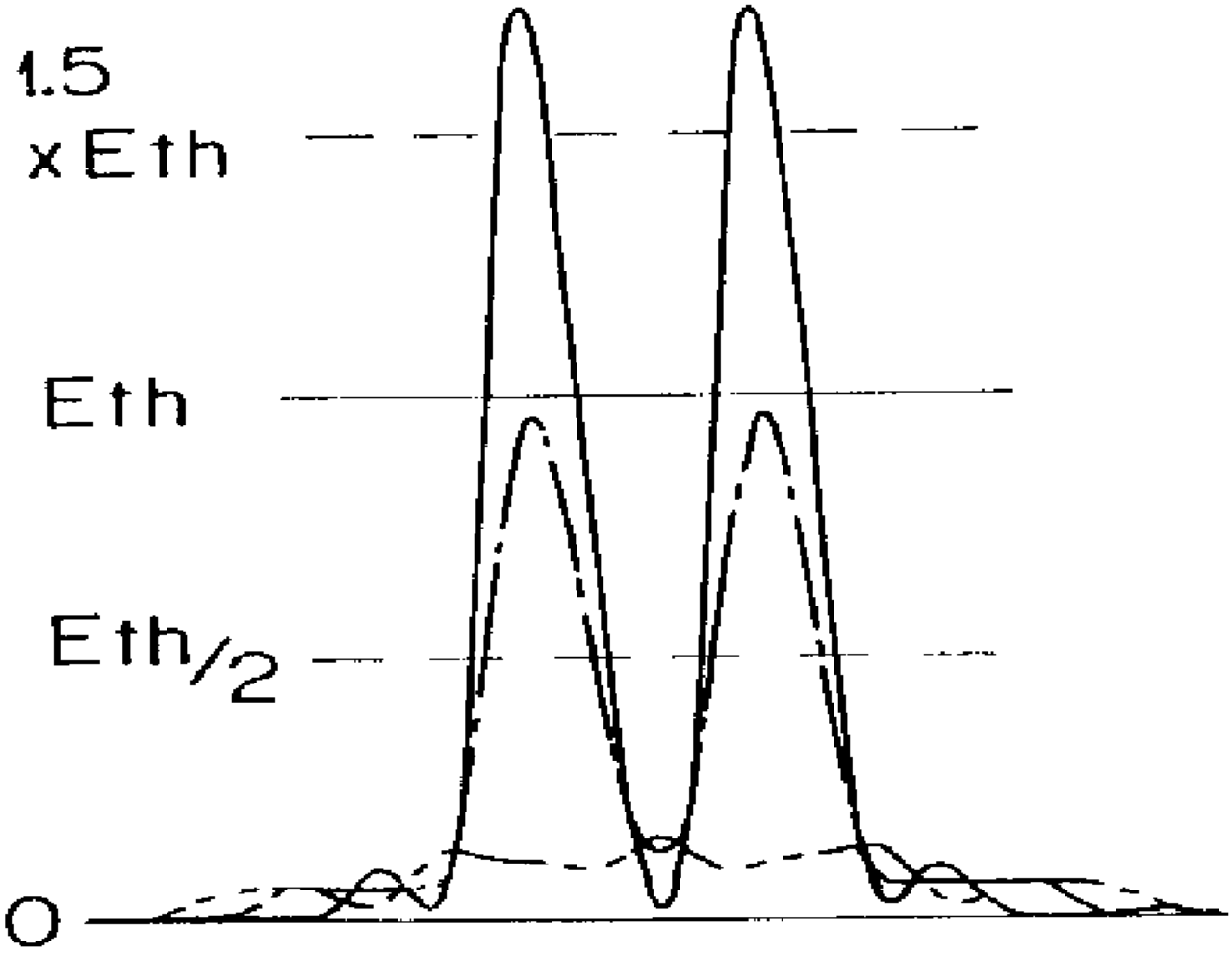
도면 12b



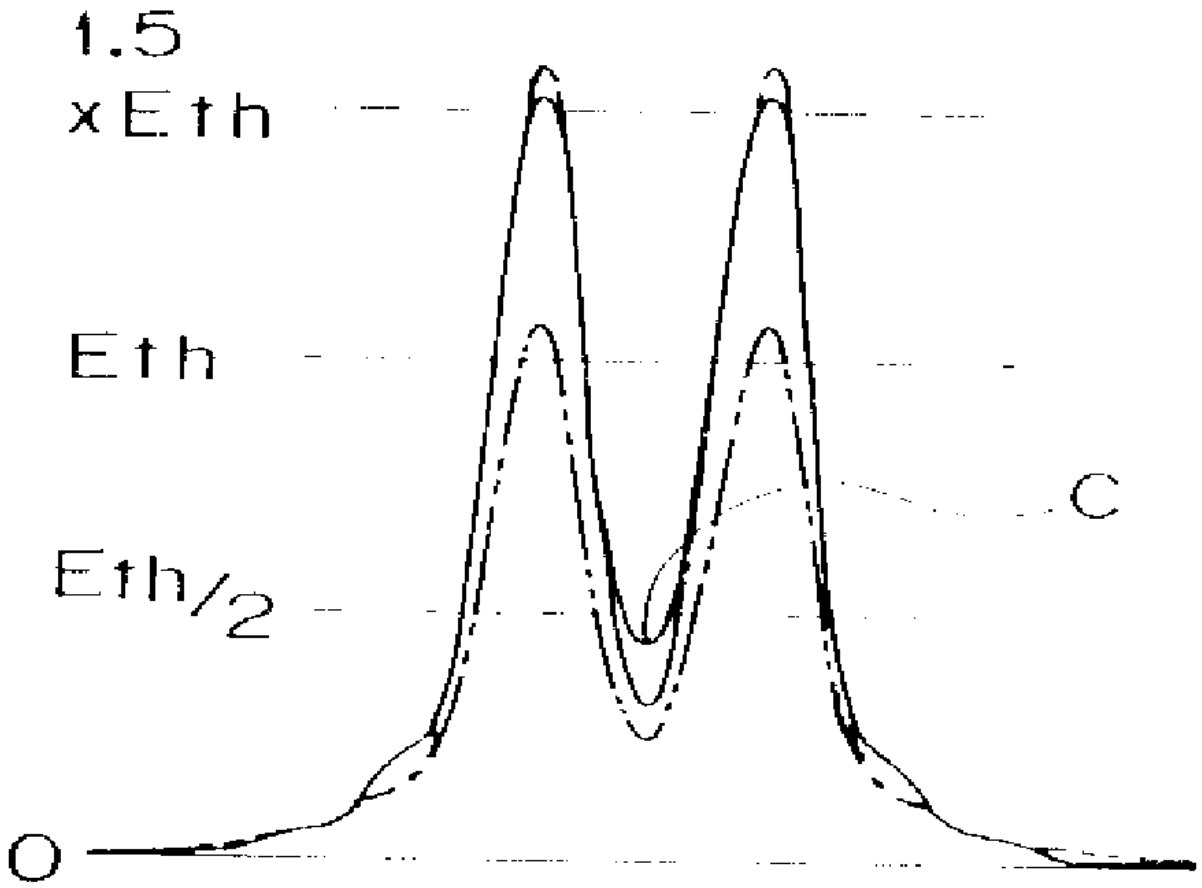
도면 13a



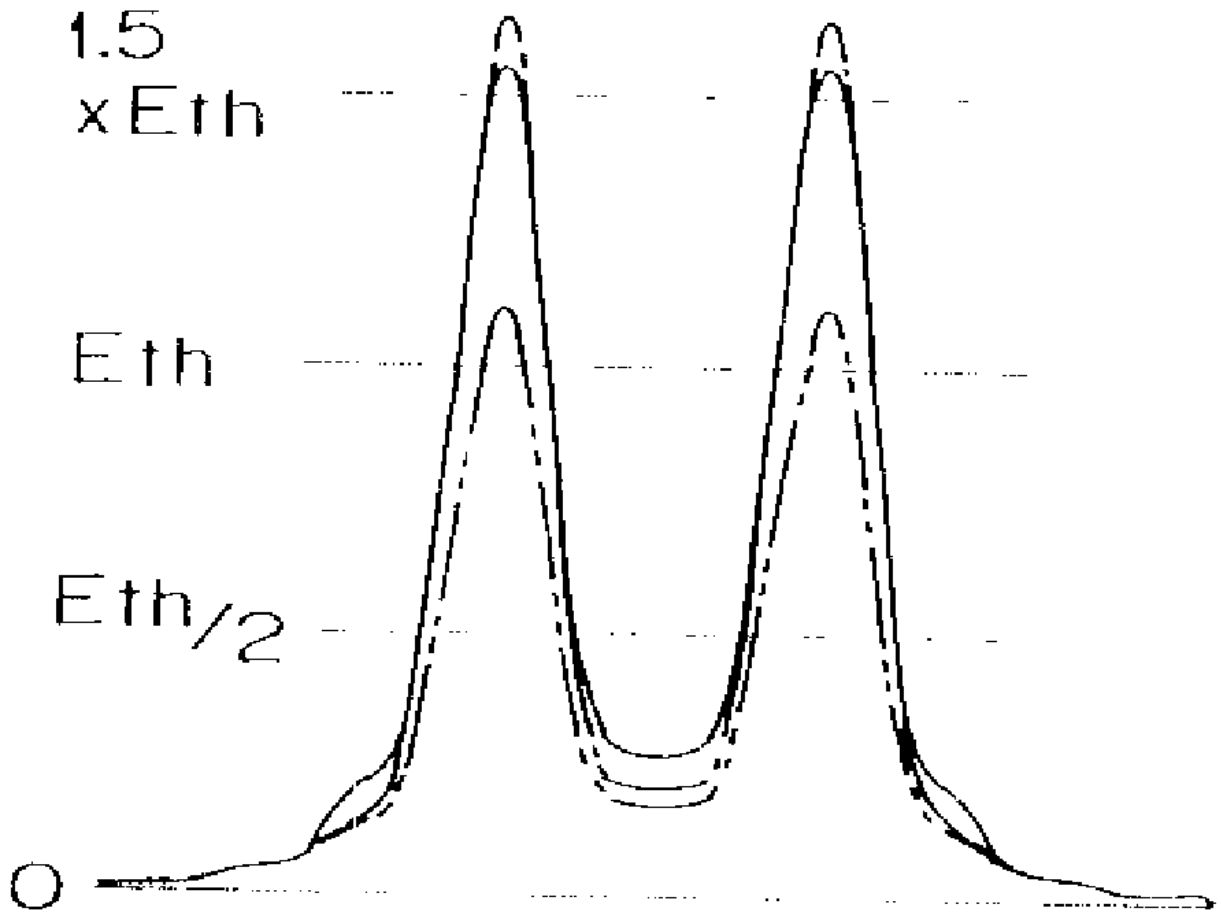
도면 13b



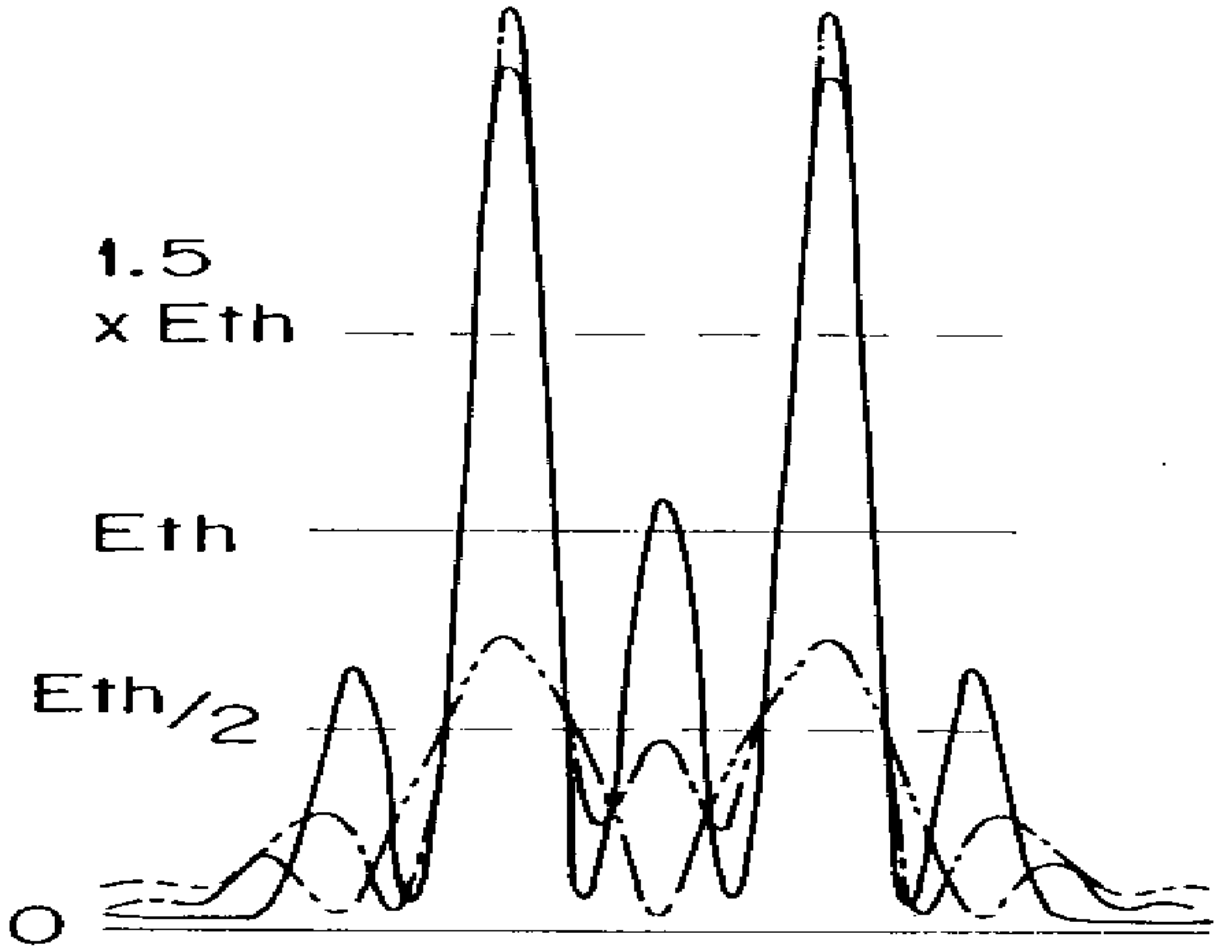
도면 14a



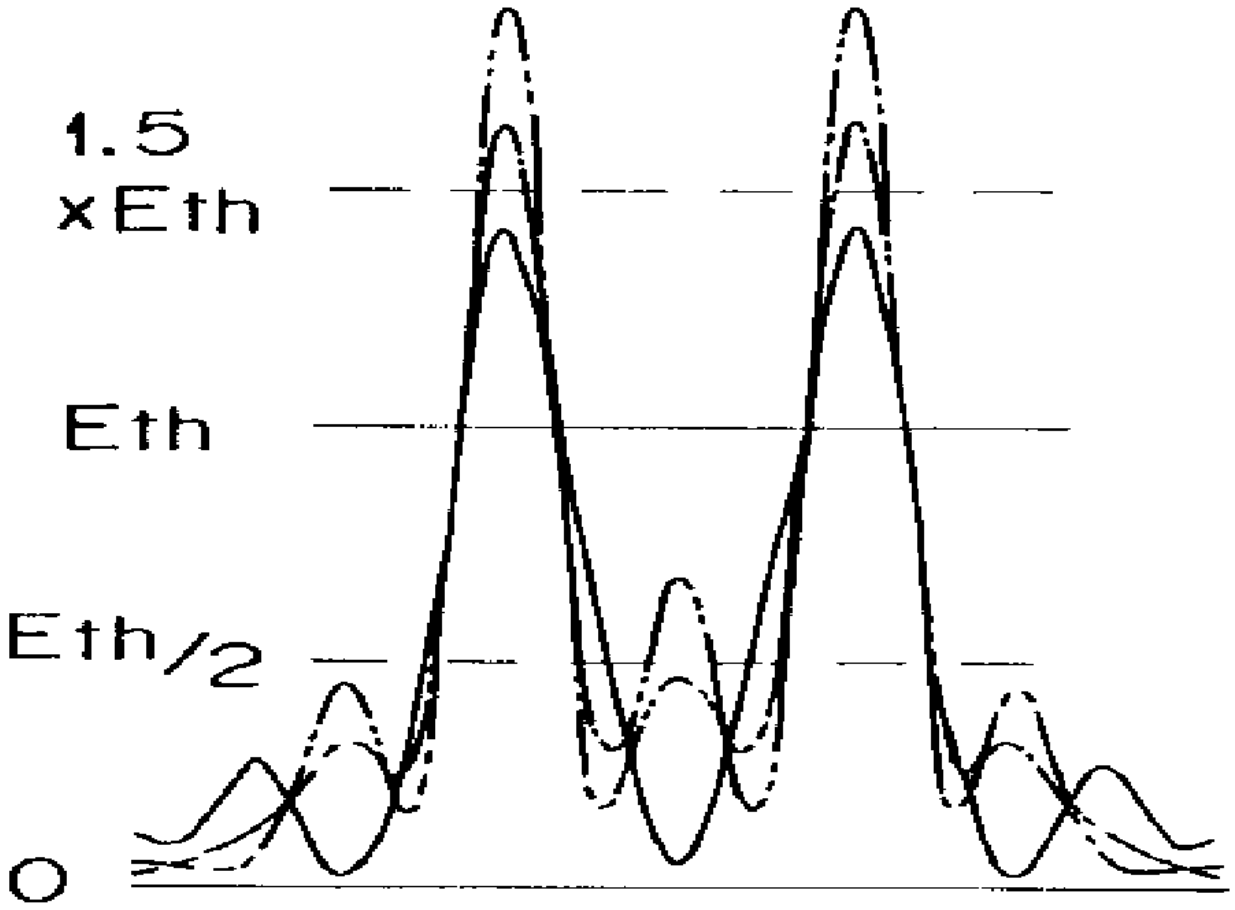
도면 14b



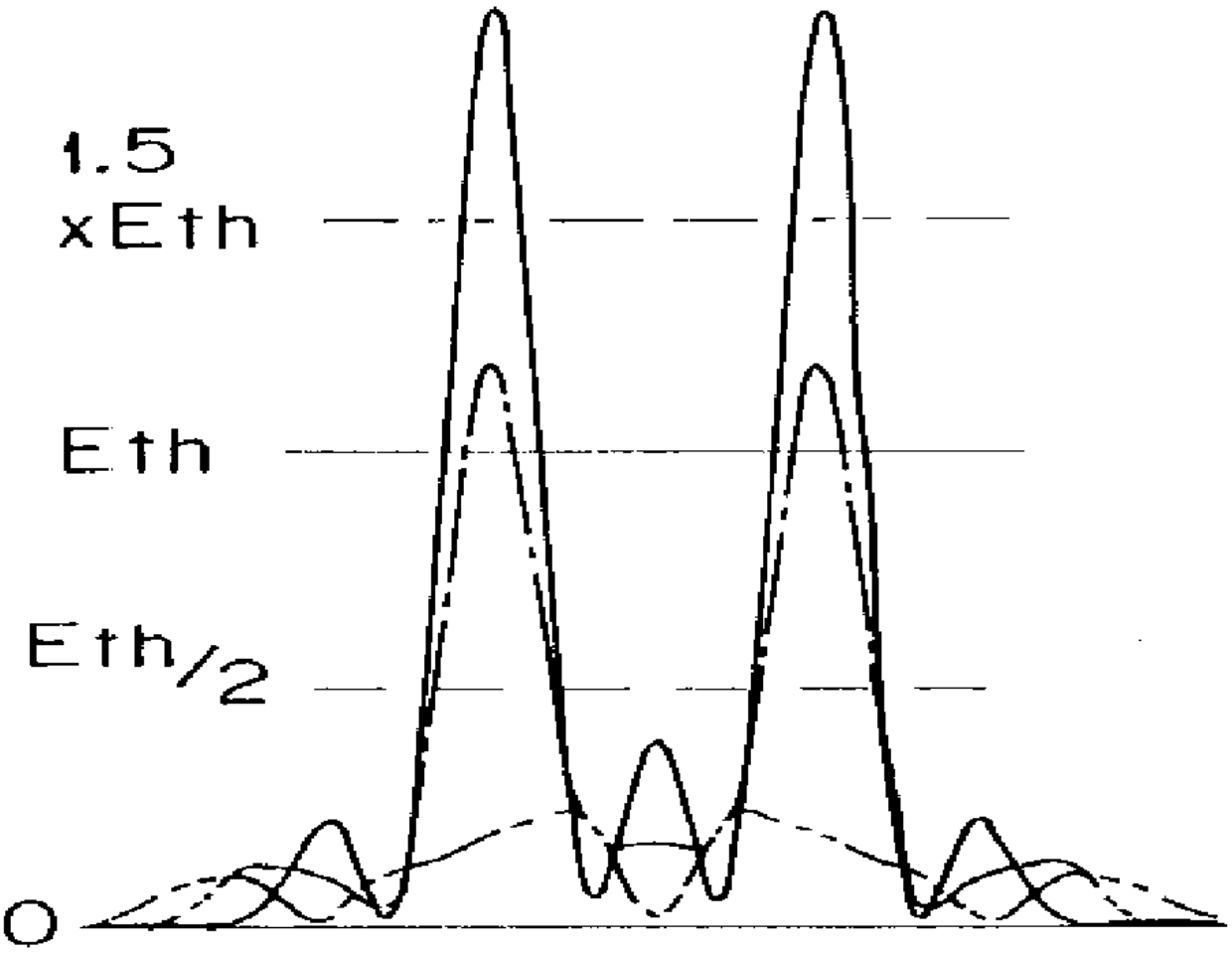
도면 15a



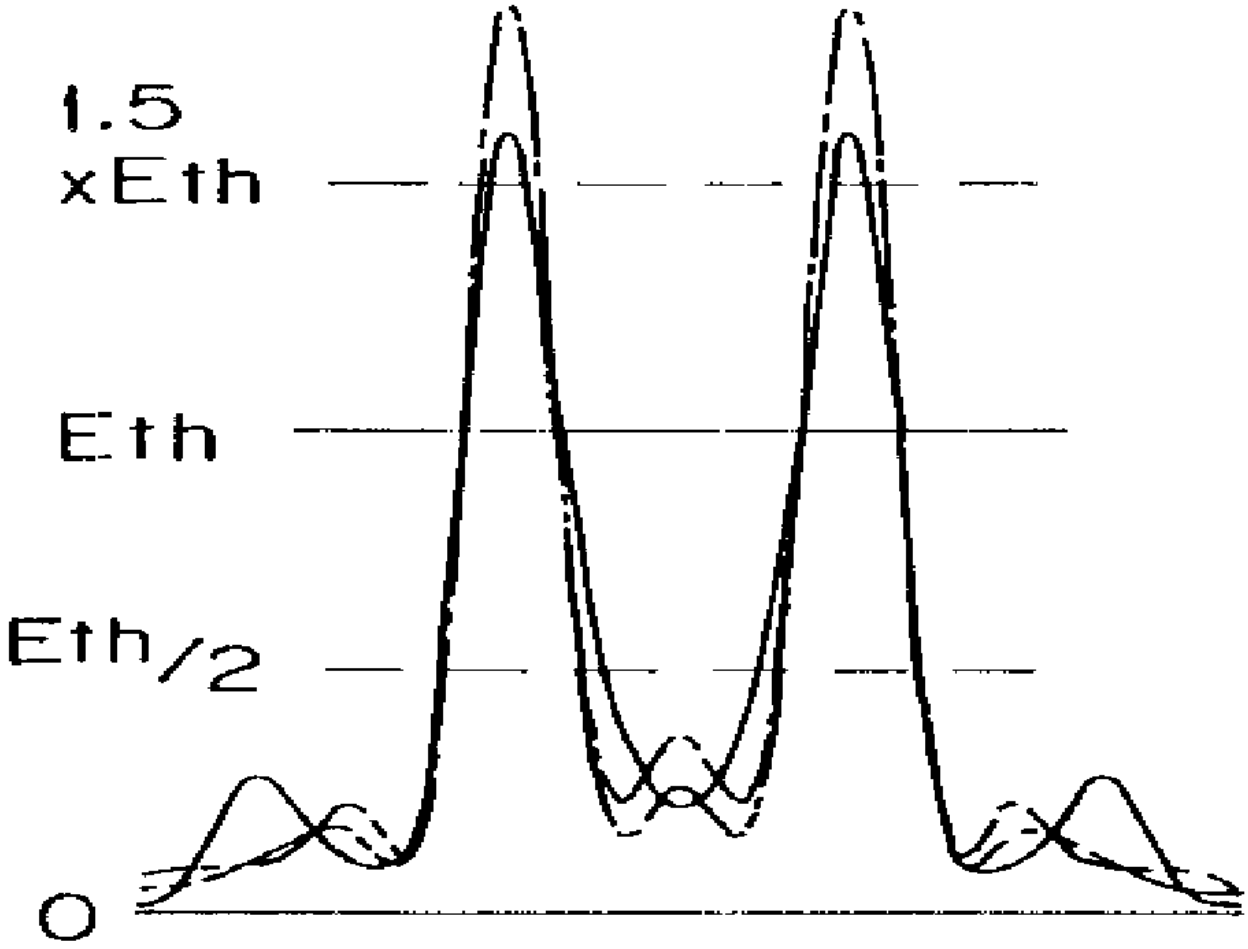
도면 15b



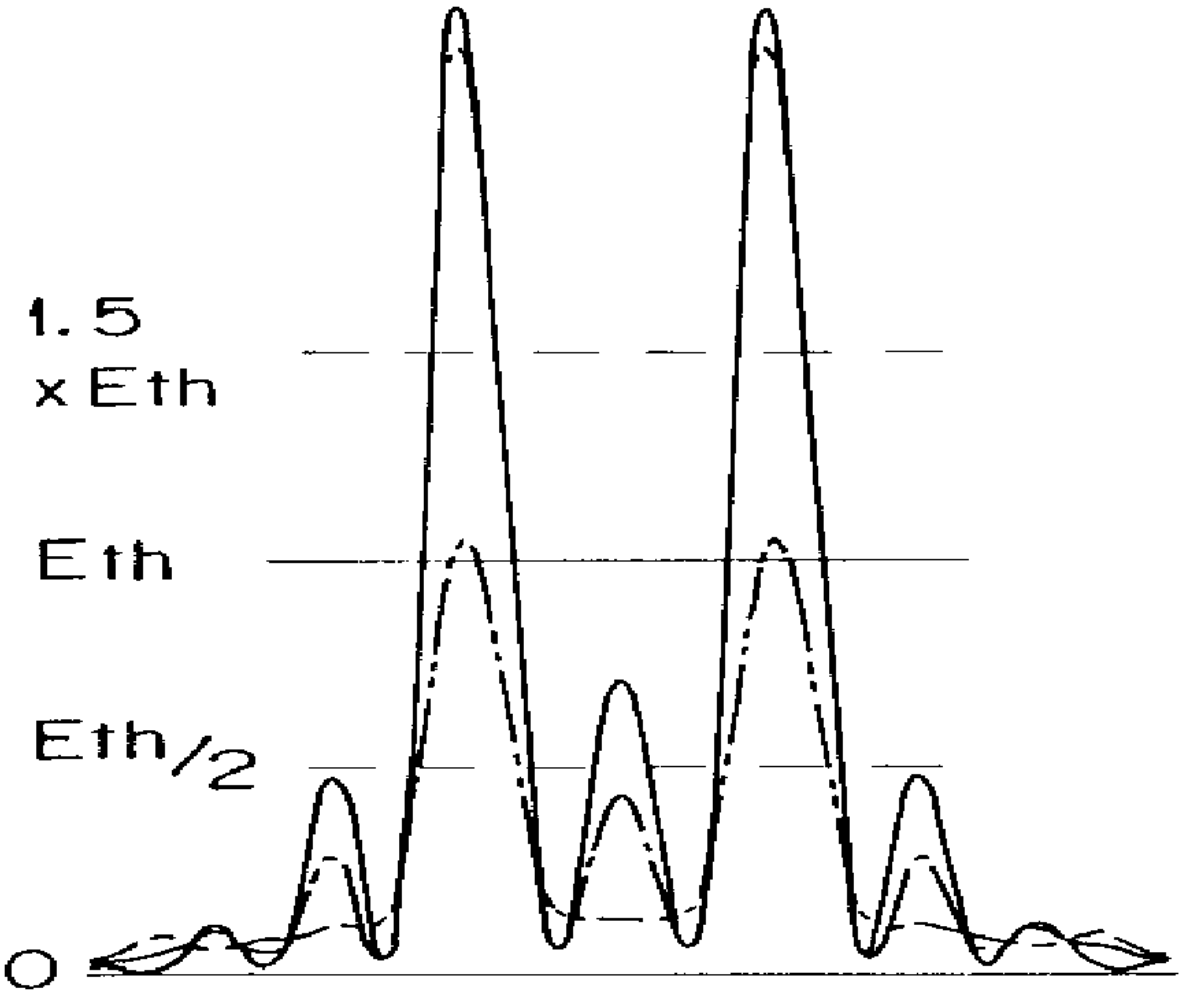
도면 16a



도면 16b



도면 17a



도면 17b

