

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。 Int. Cl. ⁷
H01L 21/027

(45) 공고일자 2001년10월24일
(11) 등록번호 10 - 0297910
(24) 등록일자 2001년05월25일

(21) 출원번호 10 - 1994 - 0026425
(22) 출원일자 1994년10월15일

(65) 공개번호 특1995 - 0012573
(43) 공개일자 1995년05월16일

(30) 우선권주장 93 - 268,904 1993년10월27일 일본(JP)

(73) 특허권자 소니 가부시키 가이샤
이데이 노부유키
일본국 도쿄도 시나가와구 기타시나가와 6초메 7반 35고

(72) 발명자 오가와도루
일본국도쿄도시나가와구기다시나가와6초메7반35고소니가부시기가이샤내

(74) 대리인 박종길

심사관 : 김승조

(54) 패턴투영방법

요약

엑시머 레이저 스펙터를 사용하여 마스크 상의 미세 패턴을 투영하는 경우, 초점 심도의 패턴 의존성, 조도 저하, 조도 불균일을 해소한다. 엑시머 레이저광을 빔 스플리터 유닛을 사용하여 단위 빔 B1~B4로 4 분할하고, 이것을 프리즘 유닛을 사용하여 다시 중합시킬 때의 중합량을 최적화한다. 유효 광원 면내에 4개의 최대 광 강도 영역 M과, 이들에 의해 에워싸이고, 각 빔으로부터 광 삼출(滲出)에 의해 소정 광 강도를 가진 중앙영역 C를 형성한다. 반복 패턴에 대해서는 사방(斜方) 조명과 동등한 초점심도 확대 효과가 얻어지고, 또한 중앙 영역 C에 존재하는 광에 의해 고립패턴에 대해서도 효과가 얻어진다. 차광 필터를 사용하지 않으므로, 조도의 저하나 불균일이 생기지 않는다. 마스크의 설계를 변경할 필요가 없다.

[색인어]

엑시머레이저, 스테퍼, 투영장치, 패턴

대표도
도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제1도는 KrF 엑시머 레이저 스펙터의 광학계를 나타낸 개략 사시도.

제2도는 본 발명에 있어서의 레이저광의 분할과 재 중합을 설명하는 모식적 평면도.

제3도는 본 발명에 있어서의 유효 광원의 광 강도분포의 일 예를 나타낸 설명도이며, 제3(a)도는 그 2차원 맵, 제2(b)도는 3차원 맵.

제4도는 본 발명의 실시예에 있어서 사용한 마스크 상의 소자분리패턴을 나타낸 평면도.

제5도는 제4도의 소자분리패턴을 본 발명의 적용하여 투영한 경우의 해상 특성을 나타낸 그래프.

제6도는 본 발명의 다른 실시예에 있어서 사용한 마스크 상의 배선 패턴을 나타낸 평면도.

제7도는 제4도의 소자분리패턴을 통상 조명에 의해 투영한 경우의 해상특성을 나타낸 그래프

제8도는 제4도의 소자분리패턴을 4 구멍필터를 사용한 사방(斜方) 조명에 의해 투영한 경우 해상특성을 나타낸 그래프.

제9도는 종래의 사방 조명에 사용되는 4 구멍필터를 나타낸 평면도.

* 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명

1 : KrF 엑시머 레이저 유니트 6 : 빔 스플리터 유니트

7 : 프리즘 유니트 9 : 플라이 아이 렌즈

15 : 마스크 16 : 축소 투영 렌즈

17 : 웨이퍼 B1~B4 : 단위 빔

M : 최대 광 강도영역 C : 중심 영역

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 예를 들면 반도체장치의 미세 회로 패턴을 웨이퍼 상에 투영하는 경우에 사용되는 패턴 투영 방법에 관한 것이며, 특히 패턴에 의존한 초점 심도의 열화나 조도(照度) 불균일을 억제하는 방법에 관한 것이다.

반도체 소자의 제조분야에서 하프 마이크론(half micron)(0.5 μ m) 레벨의 디자인 룰에 의거한 16M DRAM이 이미 양산 라인에 이행되고 있으며, 연구분야에서는 차세대의 64M DRAM에서 필요로 하는 서브 하프 마이크론(sub($\sim$ 0.35 μ m) 레벨, 다음 차세대의 256M DRAM에서 필요로 하는 쿼터 마이크론(quarter micron)(0.25 μ m) 레벨의 가공에 대하여 검토가 진행되고 있다. 이러한 미세 가공의 진보의 열쇠로 된 기술은 포토리소그래피(photolithography)이며, 이 포토리소그래피에 사용되는 노광 장치, 특히 축소 투영 노광 장치(reduced projection exposure device)(스테퍼(stepper)라

고도 함)의 해상(解像) 성능이 반도체소자의 연구개발 및 양산의 가능성을 좌우하고 있다고 해도 과언은 아니다.

종래, 포토리소그래피에 있어서의 해상 성능의 향상은 노광 파장의 단파장과 스테퍼 투영 렌즈의 고 개구수화(高開口數化)에 의해 도모되어 왔다. 이것은 레일리(Rayleigh)의 식으로서 알려진 다음 식 I의 관계로부터 더 명백하다.

$$R = k_1 \times \lambda / NA \quad \cdots \quad I$$

그리고, R은 해상도 k_1 는 프로세스 계수, λ 는 노광 파장, NA는 스테퍼 투영 렌즈의 개구수이다.

그러나, 반도체소자 제작에 있어서, 해상도(R)와 동시에 초점 심도(DOF)의 확보도 중요한 파라미터이다. 이것은 패턴을 투영하는 웨이퍼 면에 이미 형성된 패턴이나 웨이퍼의 휨 등으로 인한 요철(凹凸)이 반드시 생기고, 웨이퍼 면내 또는 동일 칩 내의 모든 장소에서 포토레지스트 도포막의 노광이 동일 초점면 상에서 행해지는 일은 없기 때문이다. 초점 심도(DOF)는 다음 식으로 표현된다.

$$DOF = k_2 \times \lambda / (NA)^2 \quad \cdots \quad II$$

그리고, k_2 는 프로세스 계수이다.

이 초점 심도(DOF)로서는, 양산 단계에서 1.5 μ m 정도를 확보하는 것이 요망되고 있다.

상기 식 II로부터, 예를 들면 파장 $\lambda = 248\text{nm}$ KrF. 엑시머 레이저광을 사용하여 1.5 μ m의 초점 심도(DOF)를 달성하려고 하면, 그 때의 해상도(R)는 약 0.35 μ m가 한도인 것을 알 수 있다. 즉, 필요로 하는 해상 성능과 초점 심도와와의 사이에는 트레이드 오프(trade-off)의 관계가 있고, 0.35 μ m 보다 미세한 선 폭을 1.5 μ m 이상의 초점 심도를 달성하면서 분해시키는(resolve) 것은 매우 곤란하다.

그래서, 근년에는 스테퍼의 광학계의 개량을 가하는 것으로 이 문제를 해결하는 시도가 이루어지고 있다. 이 개량이라는 것은 유효 광원 면 또는 이것과 공액(conjugate)인 투영 렌즈의 동면(瞳面) 중심부를 어둡게 하면, 초해상(超解像) 현상에 의해 해상 한계 근처에서 상(像)의 콘트라스트가 향상된다는, 광학의 분야에서는 이전부터 알려져 있는 수법을 이용하는 것이며, 스테퍼와 같은 부분적 코히런트 결상계(結像系)에서 유효하다.

이 초해상 현상을 일으키는 수법 중 하나로 사방(斜方) 조명법(oblique illumination method)(변형 조명법이라고도 함)이 있다. 이것은 스테퍼 광학계에서 노광 광원과 마스크 사이에 위치하는 플라이 아이(fly eye) 렌즈에 필터를 장착하고, 마스크를 경사방향으로 조명하는 방법이다.

사방 조명법에서, 노광 광은 광축으로부터 떨어진 경사방향으로부터 마스크에 입사한다. 입사 광은 마스크 상의 Cr 패턴에서 회절되지 않고 직진한 0차 광과, Cr 패턴에 의해 회절된 ± 1 차 회절 광, 다시 고차의 $\pm n$ 차 회절 광으로 나누어진다. 여기서, 0차 광이 입사 동(入射瞳)의 외주 부근을 통과하는 각도로부터 마스크를 조명하면, 이 0차 광의 주위에 좌우 대칭으로 발생하는 회절 광의 한쪽 성분만이 축소 투영 렌즈에 입사한다. 즉, 종래에서는 0차 광이 광축 방향으로부터 수직으로 입사하므로, 0차 광에 대하여 회절각 α 까지의 범위 내 회절 광밖에 축소 투영 렌즈에 입사할 수 없었던 것에 대하여, 사방 조명법에 의하면 0차 광에 대하여 한쪽만으로 되지만, 대략 회절각 2α 까지의 범위 내 회절 광을 입사할 수 있다. 이로써, 간섭 줄무늬의 피치(pitch)가 작아져서, 한계 해상도를 향상시킬 수 있다.

또, 마스크를 수직으로 조명하는 종래의 노광 방법에서는, 웨이퍼가 초점면으로부터 광 축에 따라서 어긋나면(디포커스), ± 1 차 광에 광로차(光路差)가 발생하여, 이로써 초점 심도가 제한되어 왔다. 그런, 사방 조명법에서는, Cr 패턴의 피치

에 따라서 경사 조명의 각도, 즉 0차 광의 입사각을 최적화하면, Cr 패턴의 피치에 따라서 경사 조명의 각도, 즉 0차 광의 입사각을 최적화하면, 축소 투영 렌즈의 중심선에 대하여 0차 광과 +1차 광이 각각 이루는 각도를 같게 할 수 있어서, 광로차를 해소할 수 있다. 즉, 웨이퍼 상에서는 0차 광과 +1차 광이 항상 동위상으로 간섭할 수 있으므로 초점심도가 증대하고, 디포커스시에도 양호한 결상 상태가 유지된다

단, 주기패턴의 길이방향에 따른 방향으로부터 입사하는 조명광은 이 주기 패턴에 대하여 전혀 해상도 향상효과를 나타내지 않는다. 그래서, 이 패턴 방향 의존성을 완화시키기 위해 유효 광원의 형상을 도너스형(輪帶狀), 좌우 2분할, 좌우 상하 4분할로 하는 등의 연구가 여러 가지로 행해지고 있다.

이 중, 좌우 상하 4분할은 특정방향의 라인(line)과 스페이스(space)에 대한 수직 입사광을 차단함으로써 해상도를 향상시키는 효과를 나타낸다. 예를 들면, 일본국 특개평 4(1992) - 267515호 공보에는 제9도에 나타난 바와 같이, 원반(31)의 제1~제4 상한(象限)에 각각 1개씩, 계 4개의 원형의 개구(32)를 형성한 4 구멍필터(30)를 사용하여 유효 광원의 제어하는 방법이 개시되어 있다.

이와 같이, 사방 조명법은 종래의 레티클을 그대로 사용하면서, 종래법에 비해 한계해상도와 초점 심도의 향상을 가능하게 하는 점에서 주목해야 할 기술이지만, 실용화에 앞서 해결해야 할 문제도 내포하고 있다.

먼저, 플라이 아이 렌즈에 필터를 장착함으로써, 당연히 이 필터에 의해 차단되는 광이 존재하므로, 웨이퍼면 상에서 조도 저하를 초래한다. 이것은 고감도 포토레지스트의 개발이 지연되고 있는 액시머 레이저 리소그래피에서, 특히 화학 증폭계 레지스트 재료를 사용한 웨이퍼 면내의 치수 변환차의 발생, 또는 심각한 스루풋의 저하를 초래할 우려가 크다.

또, 플라이 아이 렌즈는 원래 단일의 노광 광원을 다수의 단위 렌즈를 통과시킴으로써 가상적으로 다수의 점 광원으로 변환하고, 개개의 단위 렌즈로부터 주어지는 광의 적분효과에 의해 마스크 면의 조도 불균일을 해소하기 위한 광학부품이다. 따라서, 이 플라이 아이 렌즈에 필터가 장착되면, 당연히 조도 불균일 해소에 기여하는 단위렌즈의 수가 감소하고, 조도 불균일이 필연적으로 증대되어 버린다. 또, 필터의 개구부가 작으므로, 근접효과도 증대된다.

또한, 사방 조명법은 간섭에 의해 상을 형성하는 라인 및 스페이스와 같은 반복 패턴에 대해서는 효과가 있지만, 반복 패턴의 끝 패턴이나 콘택트와 같은 고립 패턴에 관해서는 효과가 없다. 그러므로, 예상되는 치수변동을 감안하여 마스크 설계시에 이들의 패턴을 미리 약간 크게 또는 약간 작게 수정해 둘 필요가 있다. 그러나, 0.35 μ m 이하의 디자인 룰이 적용되는 소자 제작에서, 그 수정 양은 매우 작고, 마스크 설계나 마스크 제작에 크고 많은 부하가 생기고 있는 것이 현 상황이다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

그래서, 본 발명은 마스크설계에 부하를 걸지 않고, 근접효과, 조도저하, 조도 불균일을 저감하고, 또 초점 심도의 패턴 의존성을 해소하는 것이 가능한 패턴 투영 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

발명의 구성 및 작용

본 발명의 패턴투영방법은 전술한 목적을 달성하기 위해 제안된 것이며, 미세 패턴이 형성된 마스크를 노광 광을 사용하여 조명하고, 이 마스크의 투과 광을 투명 광학계의 동(瞳)에 입사시켜서 이 미세 패턴의 상을 기관 상에 투영할 때에, 상기 동의 중심 영역에 소정의 광 강도, 이 중심 영역의 주변에 배정되는 복수의 영역에 최대 광 강도, 이 복수의 영역을 연결하는 영역에 이 최대 광 강도보다 낮은 광 강도를 배정한 광 강도분포를 달성할 수 있는 유효 광원을 사용하여 상기 조명을 행하는 것이다.

상기 광 강도분포의 구체적인 달성방법으로서, 상기 노광 광을 상기 최대 광 강도를 가진 영역의 수와 동일한 수(同數)의 단위 빔으로 분할 정형하고, 인접하는 이 단위 빔의 끝부를 서로 중합시키는 방법을 들 수 있다. 이 때, 상기 단위 빔의 단변 방향의 치수와 이 단위 빔 중합량 중 최소한 한쪽을 변화시키면, 이 광 강도 분포를 변화시킬 수 있다. 상기 중심 영역에 있어서의 소정의 광 강도의 상기 최대 광 강도의 20~50% 범위 내로 제어하는 것이 특히 적합하다.

또, 마스크 면의 모든 영역을 평균적으로 조사(照射)하는 관점에서는, 상기 최대 광 강도를 가진 복수의 영역을 상기 등의 중심 영역에 대하여 회전대칭위치에 배치하는 것이 특히 적합하다.

또한, 상기 단위 빔의 수는 전형적으로 4로 할 수 있다.

본 발명의 패턴투영방법에 사용되는 유효 광원의 광 강도분포가 종래의 사방 조명에서의 그것과 가장 다른 점은, 주변 영역에 광 강도분포가 최대로 되는 영역을 복수 배치하는 한편, 그 중심 영역에도 소정의 광 강도를 갖게 한 것에 있다. 즉, 최대 광 강도를 가진 영역으로부터 주어지는 노광광에 의해 반복 패턴에 관하여 종래의 사방 조명법과 동등하거나 그 이상의 초점 심도 확대 효과가 얻어지고, 또 소정의 광 강도를 가진 중심 영역으로부터 주어지는 노광 광에 의해서는 고립 패턴이나 반복 패턴에서의 끝의 패턴에 대하여 초점 심도의 열화가 방지된다. 즉, 초점 심도의 패턴 의존성을 경감할 수 있다.

또, 본 발명에서는 차광필터를 사용하지 않으므로, 조명에 기여하는 플라이 아이 렌즈의 단위 렌즈수가 전혀 감소하지 않는다. 따라서, 조도의 저하나 불균일화, 또는 근접효과를 대폭으로 억제할 수 있다.

전술한 바와 같은 광 강도분포를 노광 광으로부터 분할 정형된 복수의 단위 빔의 끝부의 중합에 의해 달성한 경우, 상기 최대의 광 강도를 가진 복수의 영역은 2개의 단위 빔의 겹침 부분에, 또 이 복수의 영역을 연결하는 영역은 각 단위 빔의 중앙 근방에 각각 형성된다. 또, 이때 중심 영역에서의 소정 광 강도는 각 단위 빔으로부터 광의 삼출량(滲出量)의 합성에 의해 달성하게 된다.

따라서, 각 단위 빔의 단변 방향의 치수와 그 중합량 중 최소한 한쪽을 변화시키면, 각 영역의 면적비가 변화하여, 유효 광원의 광 강도분포를 변화시킬 수 있다.

여기서, 상기 중심 영역에서의 광 강도가 지나치게 높으면 0차 광의 수직 입사성분이 증대하여 해상도나 초점 심도의 열화를 초래하여, 통상 조명에 가까워져 버린다. 역으로 지나치게 낮으면 종래 사방 조명에 가까워져서, 조도 저하, 조도 불균일의 증대, 근접 효과의 증대가 우려된다. 본 발명에서 규정되는 중심 영역의 광 강도는 시뮬레이션으로부터 구해진 최적 범위이며, 이 범위 내에서 패턴 의존성이 적은 우수한 해상 성능을 달성할 수 있다.

그런데, 사방 조명법에서는 광축이 경사진 상태에서 레지스트 도포막이 노광되므로, 한 방향만으로부터의 조명으로는 상의 위치가 레지스트 도포막의 깊이 방향으로 어긋나 버린다. 그러나, 최대 광 강도를 가진 영역을 중심영역에 대하여 회전 대칭으로 되는 위치에 배치함으로써, 이것을 보정할 수 있다. 예를 들면, 상기 단위 빔의 수를 4로 하고, 최대 광 강도를 가진 영역을 정방형의 각 정점을 점하는 위치관계로 배치한 경우에는, 4방향으로부터의 광에 의한 상이 합성되어서 수직 패턴을 형성할 수 있다.

다음에, 본 발명의 구체적인 실시예에 대하여 설명한다.

[실시예 1]

본 실시예에서는, KrF 엑시머 레이저광으로부터 빔 스플리터를 사용하여 4 분할된 사각형의 단위 빔을 얻고, 이것을 다시 중합시켜 등(瞳)의 중심 영역에 최대 광 강도의 약 30~50% 정도의 강도를 달성할 수 있는 유효 광원을 형성하고, 다시 이것을 사용하여 0.35 μ m 폭의 라인 앤드 스페이스의 패턴을 투영한 경우의 해상 특성을 검토하였다.

먼저, 본 실시예에서 사용한 KrF 엑시머 레이저 스테퍼의 광학계에 대하여, 제1도를 참조하면서 설명한다.

이 광학계는 KrF 엑시머 레이저 유니트(1)로부터 방출되는 레이저광을 출력제어장치(2), 빔 정형 광학계(3), 시프트 광학계(4), 델리버리 광학계(delivery optical system, 5) 등을 거쳐 빔 스플리터 유니트(6)에 도입하고, 여기서 도하지 않은 실린드릭 렌즈(cylindrical lens)를 사용하여 후술하는 4개의 단위 빔 B1~B4로 분할하고, 이거슬 프리즘 유니트(7)를 사용하여 다시 중합시킨 후, 릴레이 렌즈(8), 조도를 균일화하기 위한 플라이 아이 렌즈(9), 릴레이 렌즈(10), 중합된 레이저광의 일부를 조사량 센서(11)측으로 분기시키기 위한 하프 미러(HM), 마스크 블레이드(12), 릴레이 렌즈(13), 콘덴서렌즈(14)를 순차 통하여 마스크(15)를 조명하고, 이 마스크(15)의 투과 광을 축소 투영 렌즈(16)의 동에 입사시켜서 웨이퍼(17) 상에 패턴을 투영하는 것이다. 이 광학계에서의 레이저빔 광로는 콤팩트화를 도모하기 위해 요소마다 배치된 미러 M1~M5로 굴곡되어 있다.

이 광학계에서, 플라이 아이 렌즈(9)의 면, 즉 유효 광원 면은 축소 투영 렌즈(16)와 공액이다. 또, 마스크(15)의 면과 웨이퍼(17)의 면도 공액이다. 즉, 마스크 면의 푸리에(Fourier) 변환 상이 동면(瞳面)에 결상하고, 그 역 변환상이 웨이퍼 면상에 결상하도록 되어 있다.

여기서, 상기 빔 스플리터 유니트(6)와 프리즘 유니트(7)를 사용한 빔의 4분할과 재 중합은 스페클 방지를 목적으로 하여 종래부터 행해지고 있는 조작이고, 가간섭(可干涉) 거리 이상으로 광로 차를 설치함으로써 레이저광의 코히런스(coherency)를 저하시키는 효과가 있다. 단, 종래의 조작에서는, 4방향으로 분할된 단위 빔을 서로 간극 없이 중합시키므로, 유효 광원의 광 강도분포는 균일하였다.

이에 대해, 본 발명에서는 4 분할된 단위 빔의 중합 방법을 제어하는 것으로, 플라이 아이 면에서 특색있는 광 강도분포를 달성한다. 이 중합방법을 제2도를 참조하면서 설명한다.

제2(a)도는 빔 스플리터 유니트(6)에 내장되는 실린드릭 렌즈에 의해 생성된 4개의 사각형의 단위 빔 B1, B2, B3, B4의 배치를 개략적으로 나타낸 것이다. 각 빔의 단변 방향의 치수 W는 실린드릭 렌즈의 의거하여 변화시킬 수 있다. 또, 빔간 거리 D는 켤레형 형상을 한 후단(後段)의 프리즘 유니트(7)의 위치 제어에 의해 변화시킬 수 있다.

제2(b)도는 이들 4개의 단위 빔 B1~B4가 플라이 아이 렌즈(9)의 유효 광원 면(플라이 아이 면)의 범위 내에서 서로의 끝부가 바로 겹치도록 중합된 상태를 나타낸다. 이 상태에서는, 단위 빔이 2개씩 겹치는 최대 광 강도영역 M이 정방형의 영역의 4코너에 배치되고, 이 최대 광 강도영역 M의 사이를 연결하는 영역에도, 단위 빔 B1~B4의 본래의 광 강도나 중합량에 따른 소정의 광 강도가 존재한다. 또한, 이것이 본 발명에서의 광 강도분포 특색이지만, 빔이 직접 조사되지 않는 중앙영역 C에도, 각 단위 빔 B1~B4로부터의 광 삼출에 의해 최대 강도보다 낮은 소정의 광 강도가 존재하고 있다.

또는, 이 변형예로서 제2(c)도에 나타낸 바와 같이, 각 빔 B1~B4의 끝부가 약간 튀어나오게 중합해도 된다. 이로써, 유효 광원 면(9a)에 점하는 최대 광 강도영역 M이나 중앙영역 C의 면적비를 적절히 변화시킬 수 있다.

제3도에는, 이 빔 중합량을 시뮬레이션에 의해 최적화한 일 예를 나타낸다. 제3(a)도는 광 강도가 같은 부분을 선으로 연결한 맵이고, 각 선에 붙어 있는 수치는 최대 광 강도영역 M의 광 강도를 1.0으로 한 경우의 광 강도의 비율을 나타내고 있다. 제3(b)도는 상기 맵을 3차원적으로 표현한 것이다.

이들 도면으로부터, 본 발명에서는 제9도에 나타낸 바와 같은 4 구멍필터(30)를 사용하고 있지 않은데도 불구하고, 이 필터를 사용한 경우와 근사한 유효 광원의 광 강도분포를 달성되어 있는 것을 알았다.

다음에, 제3도에 나타낸 광 강도분포를 가진 유효 광원을 사용하여, 0.35 μ m 폭의 라인 및 스페이스에 패턴을 투영한 경우의 해상 특성을 검토하였다.

여기서 사용한 패턴은 수직방향, 및 $\pm 45^\circ$ 경사방향으로 $0.3\mu\text{m}$ 폭의 5개 라인이 $0.35\mu\text{m}$ 폭의 스페이스를 두고 배열된 5개의 바 차트(bar chart), 및 $0.35\mu\text{m}$ 폭의 수직 및 경사방향의 고립 패턴을 배치한 것이다.

여기서는, 수직방향에서의 5개 바 차트 중심패턴에서의 초점 심도, 수직 및 경사방향의 5개 바 차트의 중심 및 끝 패턴에서의 초점 심도, 수직 및 경사방향의 고립 패턴에서의 초점 심도, 및 공통 심도를 조사하였다. 그리고, 공통 심도라는 것은 모든 패턴에 공통의 초점 심도이고, 여러 가지 형상, 소밀성(疎密性), 소밀 방향을 가진 패턴이 혼재하는 실제의 소자 제작에서 중요한 의미를 갖는 값이다.

결과를 표 1에 나타낸다. 이 표에는 비교를 위해, 통상 조명, 4 구멍필터를 사용한 사방 조명, 윤대(輪帶) 조명(zonal illumination)의 결과도 함께 나타낸다.

[표 1]

[단위 : μm]

	수직방향의 5개 바 차트의 중심 패턴에서의 초점 심도	수직 및 경사방 향의 5개의 바 차트의 중심 및 끝 패턴에서의 초점 심도	수직 및 경사 방향의 고립 패 턴에서의 초점 심도	공통 심도
실시예 1	2.25	1.80	1.35	1.35
통상 조명	1.35	1.30	0.98	0.98
사방 조명	3.83	1.75	0.92	0.92
윤대 조명	2.20	1.80	1.16	1.16

먼저, 종래의 조명방법에 대해 보면, 사방 조명 및 윤대 조명에서는 5개 바 차트의 중심패턴에서의 초점 심도가 통상 조명에 비해 현저히 개선되어 있다. 그러나, 근접 효과나 고립 패턴에 대한 효과의 낮음이 원인이 되어, 모든 패턴을 포함한 공통 심도에 관해서는 거의 효과가 없는 것을 알았다.

이에 대해 본 실시예에서는, 5개 바 차트에 관하여 윤대 조명과 동등하거나 그 이상의 개선 효과가 얻어지고, 더욱이 고립 패턴에 대해서도 개선 효과가 얻어지므로, 통상 조명에 비해 공통 심도에 약 38%나 개선을 볼 수 있었다. 이것은 유효 광원의 중심 영역에도 어느 정도의 빔 강도가 존재하고 있기 때문이다.

또한, 조도와 조도 불균일에 대하여 검토한 결과를 표 2에 나타낸다.

[표 2]

	조도 [mW/cm^2] () 내는 통상 조명에 의해 규격화한 값	조도 불균일(%)
실시예 1	200(0.91)	1.5
통상 조명	220(1.0)	1.4
사방 조명	62(0.28)	6.6
윤대 조명	64(0.29)	5.7

표 중, 조도에 대해서는 통상 조명 값을 사용하여 규격화한 값() 내에 명기하였다. 이 표로부터, 사방 조명 및 윤대 조명에서는 통상 조명에 비해 조도가 3할 정도까지 저하되고, 조도 불균일도 5% 이상으로 열화된다. 이러한 조도 불균일은 현 상황의 포토레지스트재료에 대한 감도가 비교적 낮은 것을 고려하여 큰 선 폭의 불균일이 생기는 원인으로 된다.

이에 대해 본 실시예에서는, 조도는 통상 조명에 비해 약간 1할 정도 저하되고 있는데 불과하고, 또 조도 불균일도 대략 통상 조명과 동등한 레벨로 유지되어 있는 것을 알았다.

[실시예 2]

본 실시예에서는, 제3도에서 나타난 유효 광원을 사용하여 0.28 μ m의 디자인 룰에 의거한 실제 반도체소자의 소자 분리 패턴의 투영을 행하여, 해상 성능을 조사하였다.

제4도에 이 소자분리패턴을 나타낸다. 이것은 SRAM의 메모리 셀(20) 내에서 LOCOS법에서의 산화영역을 규정하기 위한 패턴이고, 사선부가 소자분리영역에 상당하는 마스크(15)상의 Cr 차광막의 라인, 흰 부분(광 투과부)이 스페이스이다.

여기서, 패턴 소밀(疏密)에 기인하는 근접 효과의 영향을 보기 위해, 셀 중앙의 라인 LC, 셀 중앙의 스페이스 SC, 및 셀 끝부의 라인 LE에 착안하여, 초점위치가한 경우의 임계치수의 변화를 측정하였다. 이 결과를 제5도에 나타낸다. 여기서는, 얻어진 선 폭의 최대치를 상한, 여기서부터 디자인 룰(여기서는 0.28 μ m)의 $\pm 10\%$ 에 상당하는 0.056 μ m감한 값을 하한으로 하는 범위를 임계 치수의 허용 변동 범위라고 정의하고, 이 허용 변동 범위를 달성할 수 있는 초점위치(레지스트 표면으로부터의 깊이)의 범위를 초점 심도 DOF로서 구했다.

그리고, 비교를 위해, 제7도에는 통상 조명에 의한 측정결과, 제8도에는 4 구멍필터를 사용한 사방 조명에 의한 측정 결과를 각각 나타냈다.

본 실시예에서의 초점 심도 DOF는 1.18 μ m, 통상 조명에서는 0.94 μ m, 사방 조명에서는 1.02 μ m였다. 즉, 본 발명에서는 통상 조명에 비해 초점심도 DOF가 약 26% 개선되어 있는 것을 알았다.

[실시예 3]

본 실시예에서는, 제3도에 나타난 유효 광원을 사용하여 0.28 μ m의 디자인 룰에 의거하여 실제의 반도체소자의 배선 패턴의 투영을 행하여, 해상 성능을 조사하였다.

제6도에 이 배선 패턴을 나타낸다. 사선부가 배선 패턴에 상당하는 마스크(15)상의 Cr 차광막의 라인 L1, L2, 흰 부분(광 투과부)이 스페이스 S이다. 이 배선 패턴을 사용하여, 실시예 2와 동일한 측정을 행하였다. 비교를 위해, 통상 조명과 4 구멍필터를 사용한 사방 조명에 의한 측정도 행하였다.

본 실시예에서의 초점 심도 DOF는 1.50 μ m, 통상 조명에서는 0.90 μ m, 사방 조명에서는 1.15 μ m였다. 즉, 본 발명에서는 통상 조명에 비해 초점 심도 DOF가 약 60% 개선되고, 양산 적용 레벨로서 충분한 값이 달성되어 있는 것을 알았다.

이상, 본 발명을 3예의 실시예에 의거하여 설명하였으나, 본 발명은 이들 실시예에 전혀 한정되는 것은 아니고, 최대 광 강도영역의 수나 형상, 투영패턴의 종류나 디자인 룰, 또는 광 강도분포나 노광 파장 등의 구체적 수치가 적절히 변경 가능하다는 것은 물론이다.

발명의 효과

이상의 설명으로부터도 명백한 바와 같이, 본 발명에 의하면 종래 사방 조명에서의 해상 특성의 패턴 의존성, 조도 부족, 조도 불균일을 대폭으로 개선할 수 있다. 또한, 이 효과는 마스크의 설계나 제작에 어떤 많고 커다란 부하를 거는 것은 아니고, 비용면으로도 매우 유리하다.

본 발명은 미세한 디자인 룰에 의거하여 설계되는 고집적화, 고성능 반도체소자의 제조에 크게 공헌하는 것이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

미세 패턴이 형성된 마스크를 노광 광을 사용하여 조명하고, 상기 마스크의 투과 광을 투영 광학계의 동(瞳)에 입사시켜서 상기 미세 패턴의 상을 기판 상에 투영하는 패턴 투영 방법에 있어서, 상기 동(瞳)의 중심 영역에 소정의 광 강도, 상기 중심 영역의 주변에 배치되는 복수의 영역에 최대 광 강도, 상기 복수의 영역을 연결하는 영역에 상기 최대 광 강도보다 낮은 광 강도를 배정한 광 강도 분포를 달성할 수 있는 유효 광원을 사용하여 상기 조명을 행하고, 상기 소정의 광 강도를 최대 광 강도의 20~50% 범위 내로 제어하는 것을 특징으로 하는 패턴 투영 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서, 상기 광 강도분포는 상기 노광 광을 상기 최대 광 강도를 가진 영역의 수와 동일한 수(同數)의 단위 빔으로 분할 정형하고, 인접하는 상기 단위 빔의 끝부를 서로 중합시킴으로써 달성되는 것을 특징으로 하는 패턴투영방법.

청구항 3.

제1항에 있어서, 상기 광 강도분포는 상기 단위 빔의 단변 방향의 치수와 상기 단위빔 중합량 중 최소한 한쪽을 변화시킴으로써 제어되는 것을 특징으로 하는 패턴 투영 방법.

청구항 4.

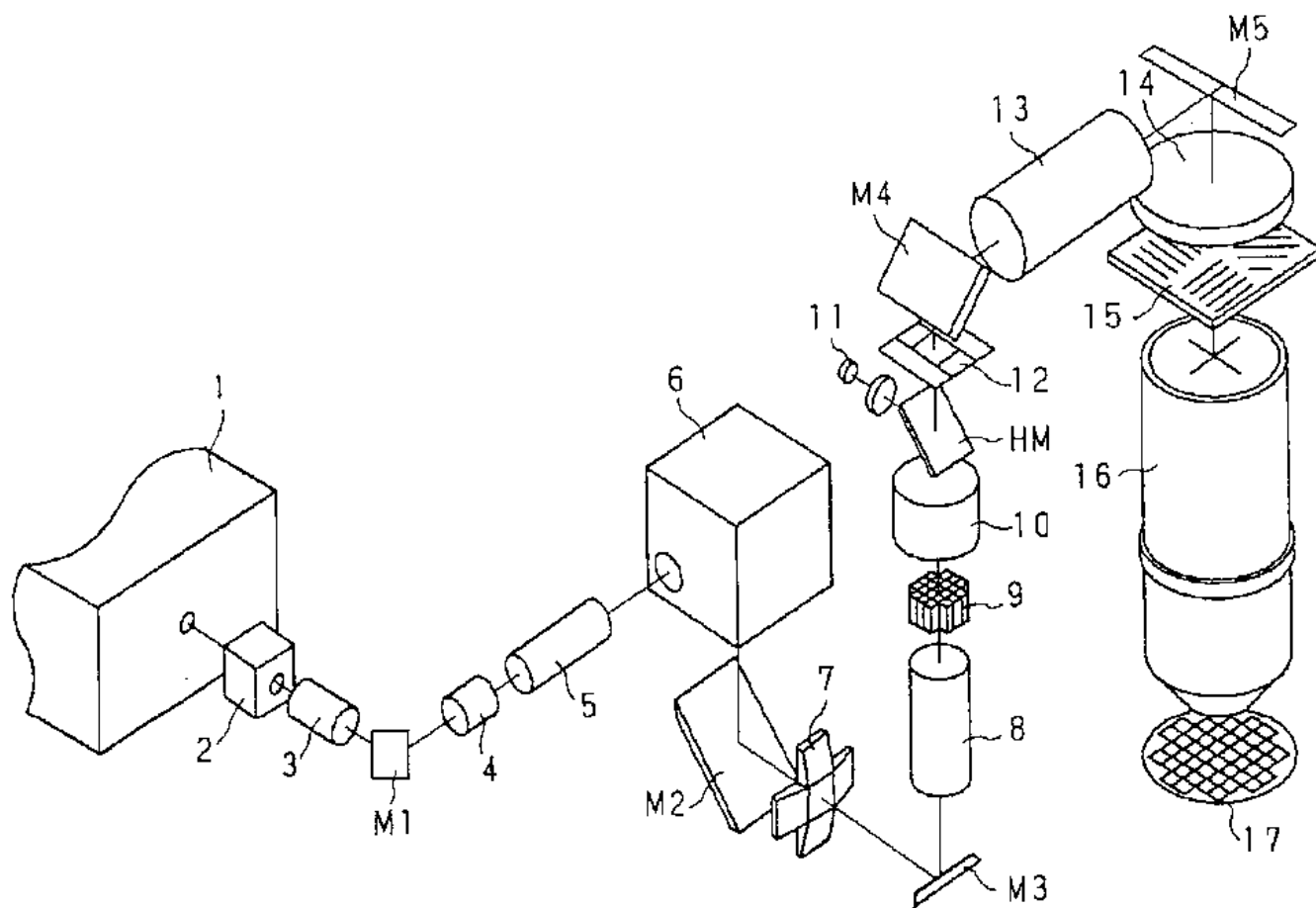
제1항에 있어서, 상기 최대 광 강도를 가진 복수의 영역을 상기 동(瞳)의 중심 영역에 대하여 회전 대칭 위치에 배치하는 것을 특징으로 하는 패턴 투영 방법.

청구항 5.

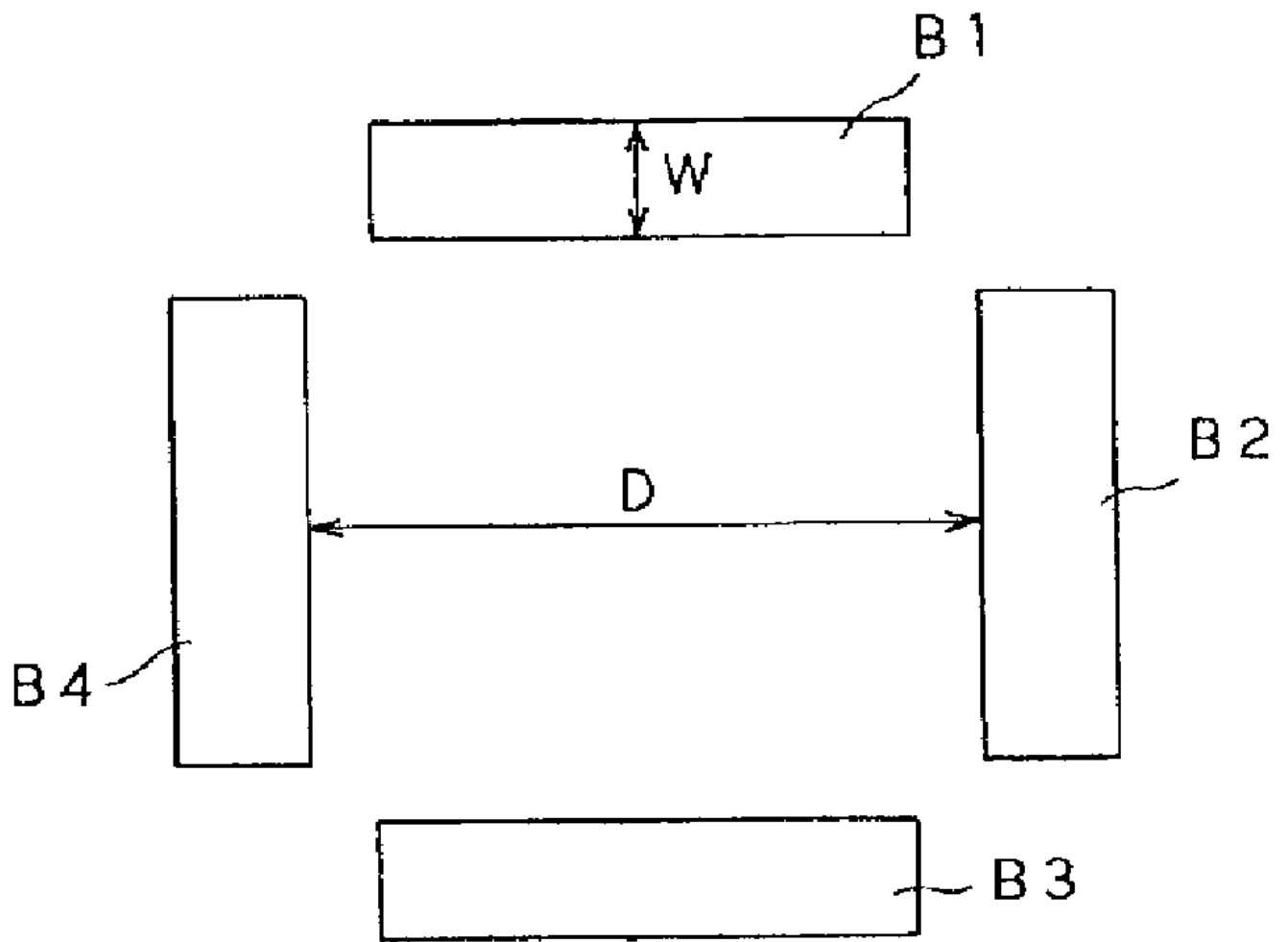
제1항에 있어서, 상기 단위 빔의 수가 4인 것을 특징으로 하는 패턴 투영 방법.

도면

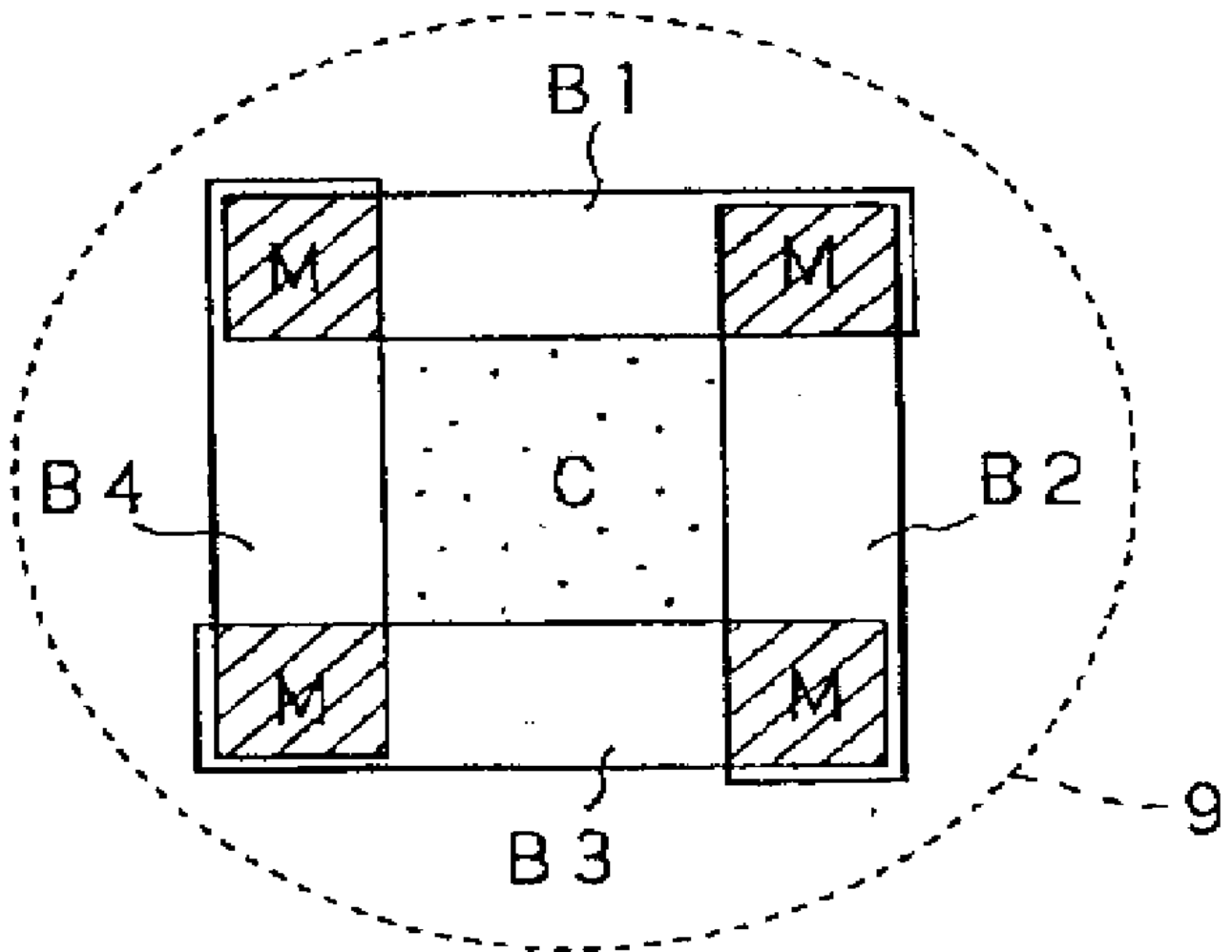
도면 1



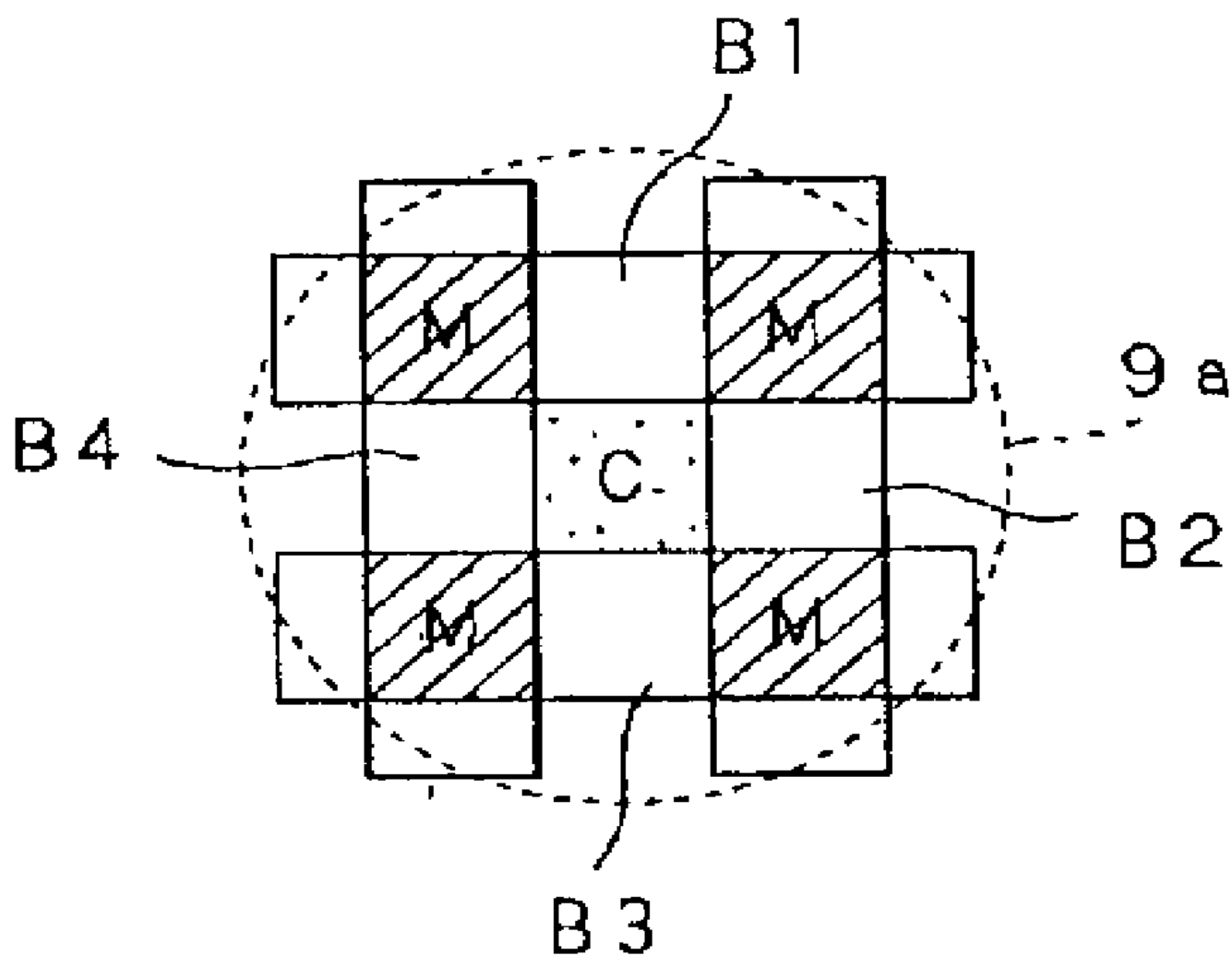
도면 2a



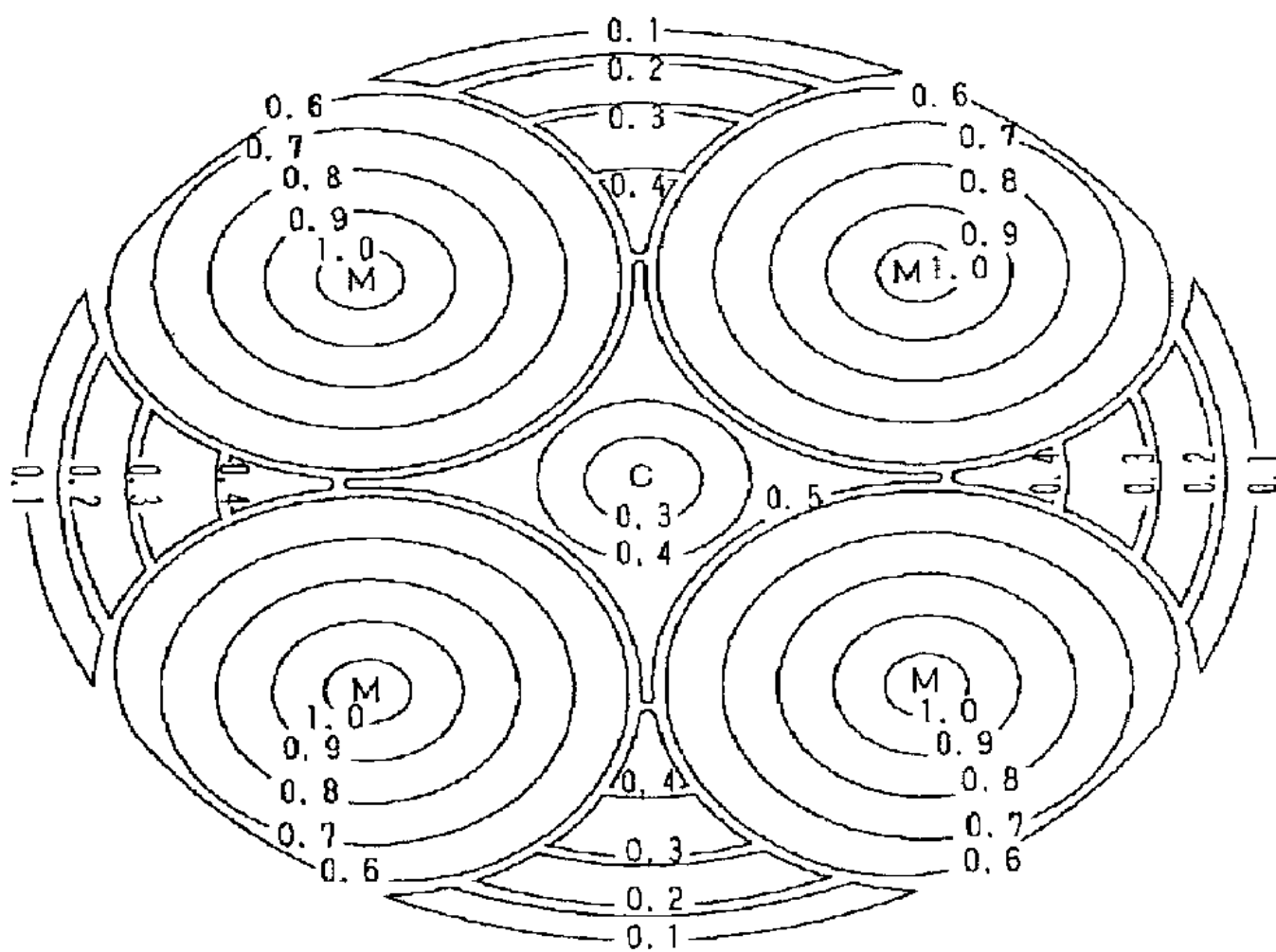
도면 2b



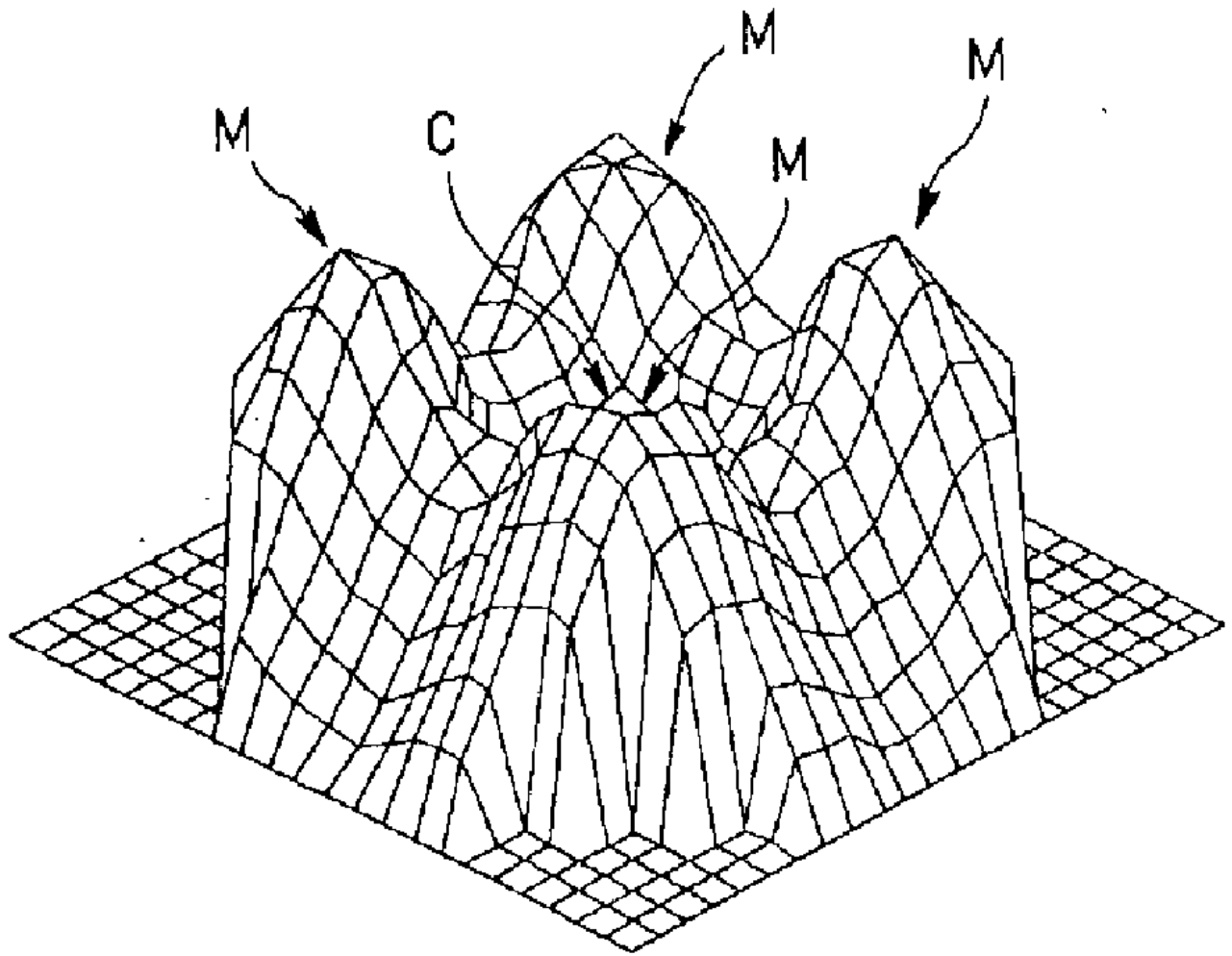
도면 2c



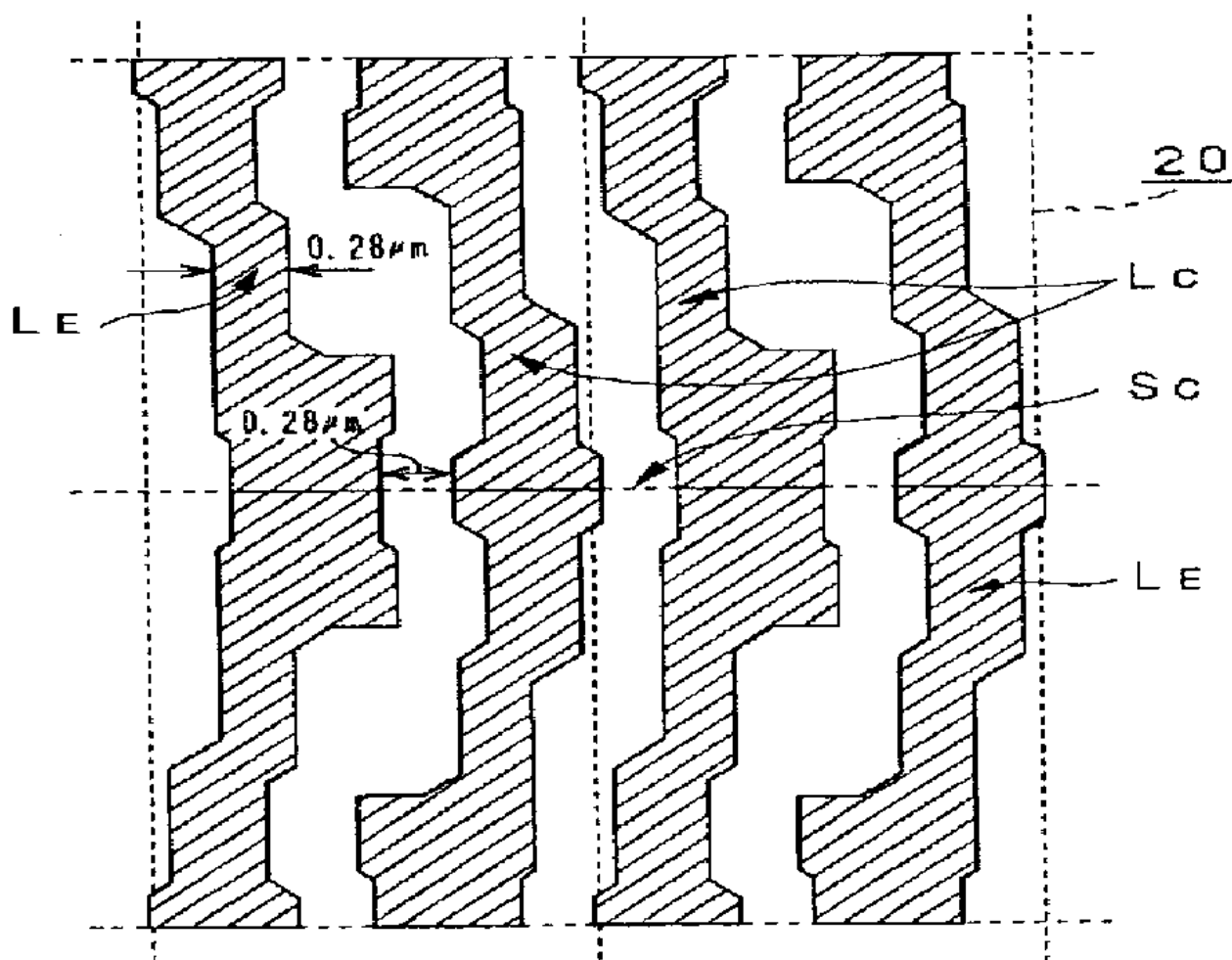
도면 3a



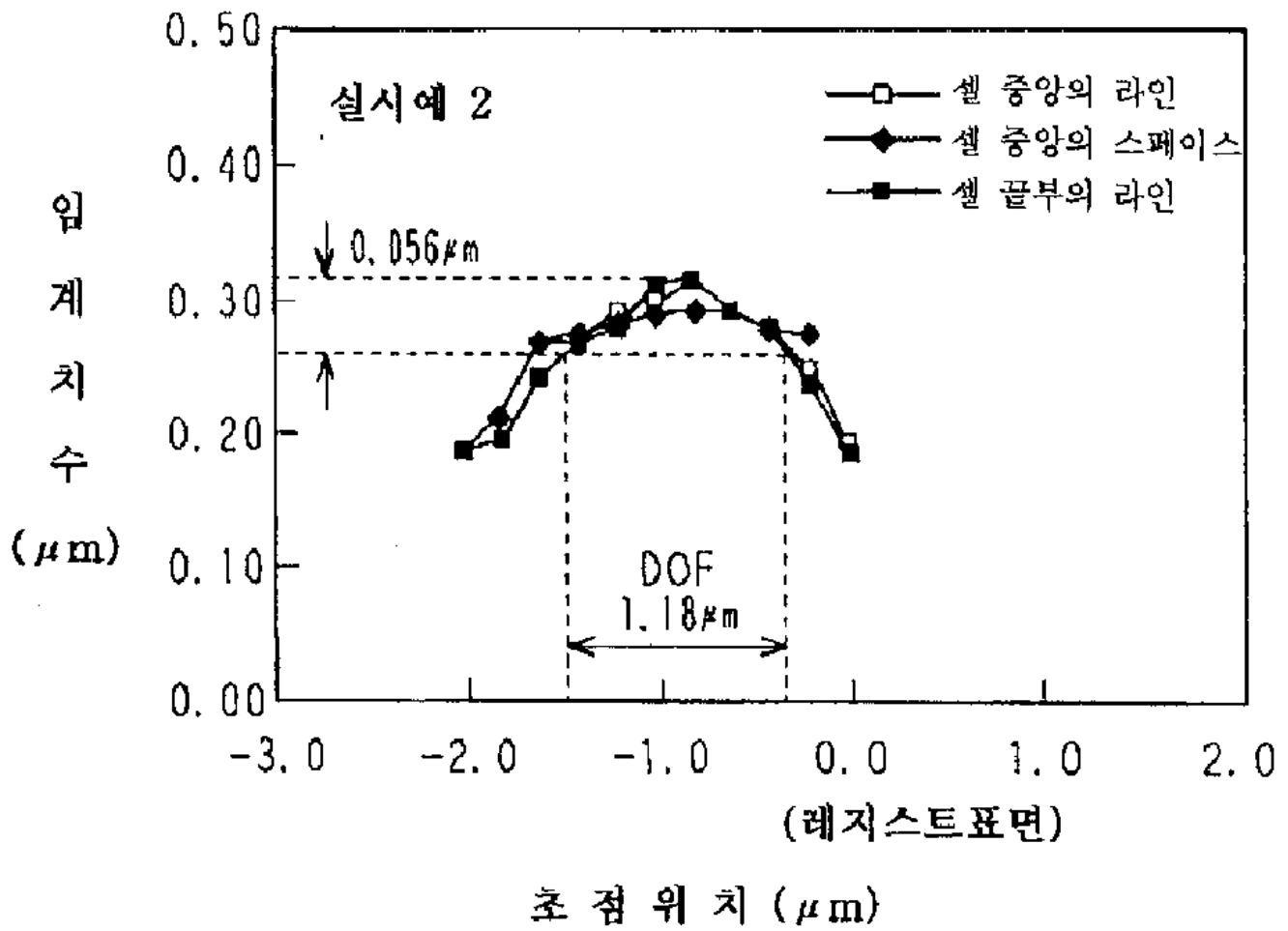
도면 3b



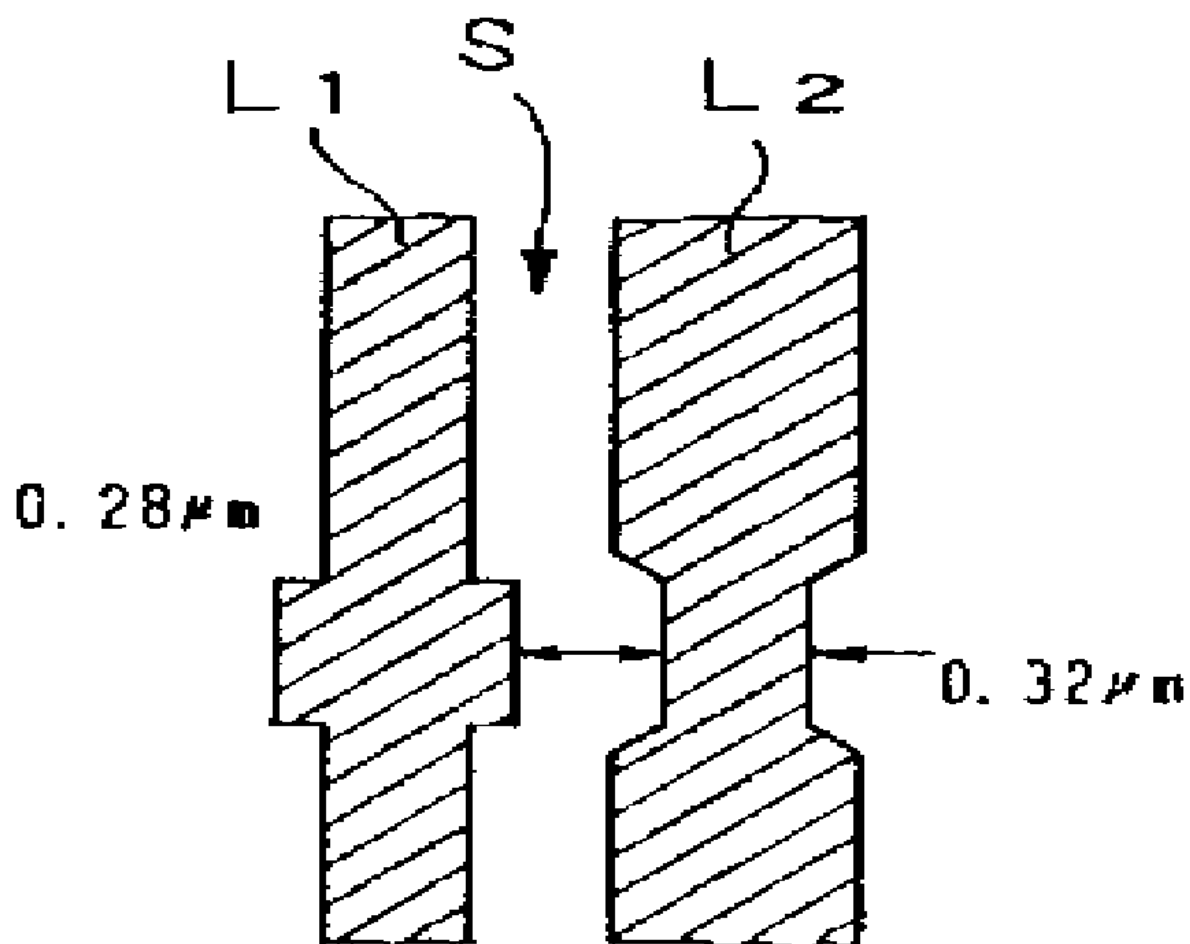
도면 4



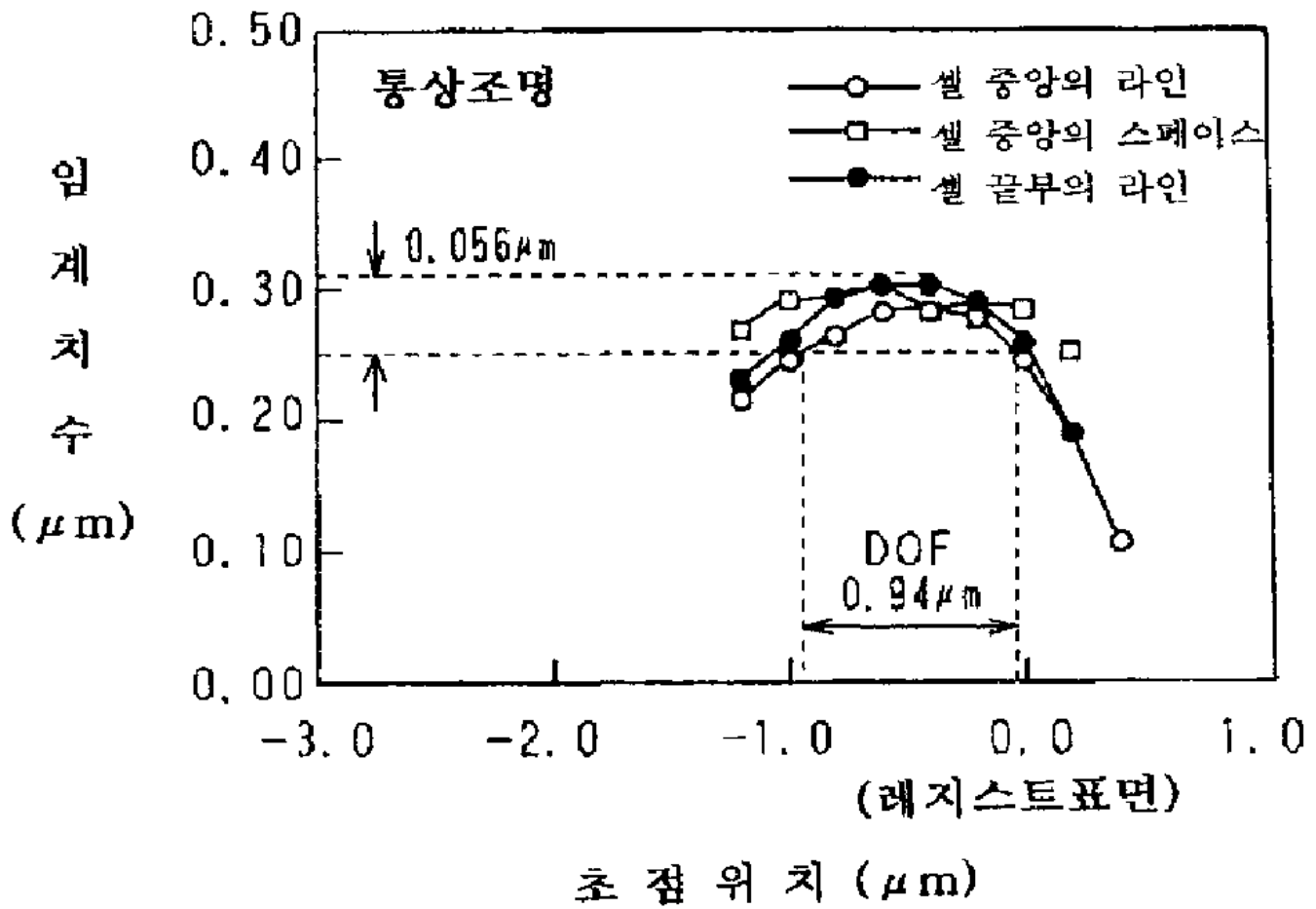
도면 5



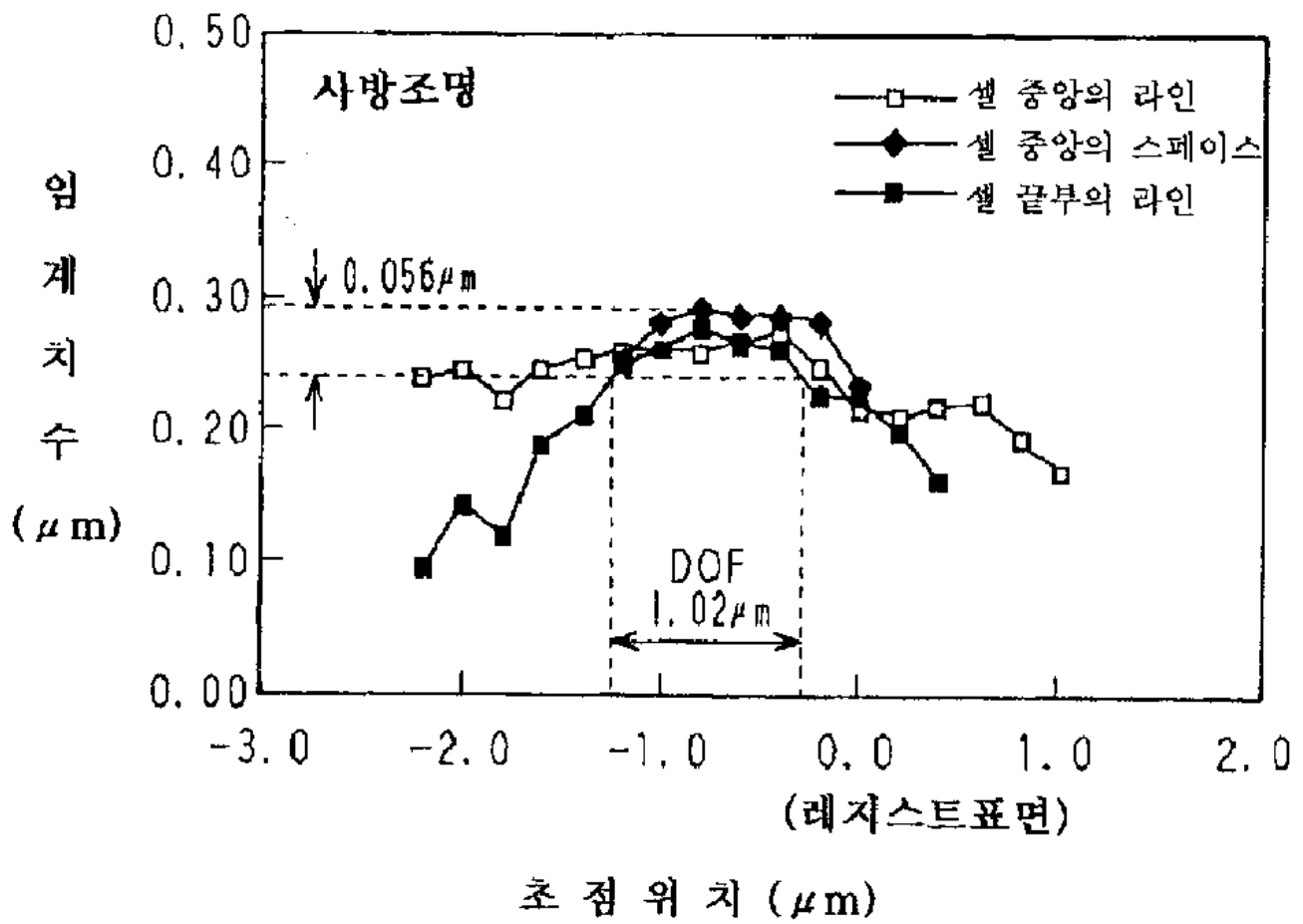
도면 6



도면 7



도면 8



도면 9

